



Escola Politècnica Superior  
d'Enginyeria de Vilanova i la Geltrú

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA

# TREBALL FINAL DE GRAU

**TÍTOL:** ESTUDI, DISSENY I MODELATGE D'UNA MÀQUINA  
POSICIONADORA DE SOLDADURA.

**AUTOR:** CASTILLO FERNÁNDEZ, VÍCTOR.

**DATA DE PRESENTACIÓ:** Febrer, 2018.

## RESUM

Aquest projecte es realitza com a conseqüència de diferents necessitats: primerament finalitzar el grau d'enginyeria mecànica, la segona per a aprofundir en els coneixements assolits durant el grau i per últim per satisfacció personal.

La idea sorgeix de la preocupació d'un grup de persones del sector industrial per facilitar el treball de soldadura i l'ensenyança dels operaris i futurs operaris de tallers de dimensions i espais reduïts. Les postures que s'adopten i la quantitat d'ajusts en la col·locació que es realitzen a les peces a soldar, les quals poden arribar a superar els 1500kg, redueixen la producció y augmenten la probabilitat de lesions i altres riscos.

Per poder combatre aquests problemes laborals, es va decidir que l'objectiu del treball havia de ser dissenyar un posicionador per a soldadura, sempre tenint present els requisits especificats per treballadors i operaris del sector: dimensions en planta, funcionalitats, carregues,...

Prèviament al disseny, es realitza un estudi de mercat de les màquines posicionadores ja existents, per observar els diferents mecanismes emprats i com es desenvolupen. S'ha vist que hi han de diferents segons la seva funcionalitat, moviments que realitzen i dimensions.

Inicialment es fa un croquis del que pot ser la màquina, i dels seus components. Després de desenvolupar el disseny final, i emprant el software Siemens NX10 es realitza el modelatge de tots els components mecànics de conformaran el producte.

Posteriorment, es desenvolupen els plànols constructius dels elements de la posicionadora. En aquesta fase s'han realitzat modificacions i s'ha readaptat el disseny que s'havia establert.

Per finalitzar la part del disseny es realitza un pressupost en funció dels elements que s'han de fabricar i els normalitzats. En els primers, es marquen les operacions que s'han seguit per a la seva fabricació, el temps que es requereix i el número de peces que es requereixen.

Finalment, s'han explicat les funcionalitats de la maquina. S'han establert els punts important, referents al disseny mecànic, que s'haurien d'introduir en el manual d'us del producte. També s'han tingut en compte els aspectes medi ambientals al final de la vida d'aquest segons normativa.

### Paraules clau (màxim 10):

Tensió de Von Mises	Deformació	Soldadura	Fabricació
Dimensionament	Modelatge	Simulació	Element normalitzat
Tolerància	Ajust		

## ABSTRACT

This project realises as a consequence of different needs: firstly finalise the degree of mechanical engineering, the second to deepen in the knowledge attained during the degree and for last for personal satisfaction.

The idea arises of the worry of a group of people of the industrial sector to facilitate the work of welding and the knowledge of the workers and futures workers of workshops of dimensions and spaces reduced. The postures that adopt and the quantity of adjusts in the cabbage that they realise to the pieces to solder, which can reach,...

For can combat these labour problems, decided that the aim of the work had to be design a positioner for welding, always having present the requirements specified by industrious and workers of the sector: dimensions in plant, functionalities, load,...

Previously to the design, realises a study of market of the machines positioners already existent, to observe the different mechanisms employed and how develop. It has seen that they have to different as his functionality, movements that realise and dimensions.

Initially it does a sketch of what can be the machine, and of his components. After developing the final design, and employing the software Siemens NX10 realises the modelling of all the mechanical components.

Later, they develop the constructive plains of the elements of the positioner. In this phase have realised modifications and has adapt the design that had established .

To finalise the part of the design realises a budget in function of the elements that have to manufacture and the normalised. In the first, mark the operations that have followed for his manufacture, the time that requires and the number of pieces that require .

Finally, they have explained the functionalities of it schemes. They have established the important points, referents to the mechanical design, that would have to enter in the manual of you of the product. Also they have taken into account the aspects environmental medium at the end of the life of this normative seconds.

### Keywords (10 maximum):

Von Mises Tension	Deformation	Welding	Manufacture
Dimensioning	Modelling	Simulation	Standardized element
Tolerance	Adjust		

# SUMARI

<b>SUMARI DE FIGURES.....</b>	<b>6</b>
<b>SUMARI DE TAULES. ....</b>	<b>8</b>
<b>GLOSSARI DE SIGNES, SÍMBOLS, ABREVIATURES, ACRÒNIMS I TERMES. ....</b>	<b>9</b>
<b>1. INTRODUCCIÓ, OBJECTIUS I ABAST. ....</b>	<b>10</b>
1.1. INTRODUCCIÓ.....	10
1.2. OBJECTIUS I ABAST.....	10
1.3. ESTRUCTURA DEL PROJECTE. ....	11
1.4. MERCAT ACTUAL. ....	11
<b>2. EL PROCÉS DE SOLDADURA.....</b>	<b>15</b>
2.1. QUÈ ÉS LA SOLDADURA? .....	15
2.2. PER QUÈ SERVEIX LA SOLDADURA?.....	15
2.3. SISTEMES DE SOLDADURA. ....	15
2.4. PROCÉS DE SOLDADURA MIG/MAG.....	16
2.4.1. EQUIP DE SOLDADURA.....	17
<b>3. DISSENY I CÀLCULS. ....</b>	<b>19</b>
3.1. REQUISITS PEL DISSENY.....	19
3.2. FASES DEL DISSENY. ....	19
3.2.1. PRIMERA PROPOSTA DE DISSENY. ....	20
3.2.2. SEGONA PROPOSTA DE DISSENY. ....	21
3.2.3. DISSENY DEFINITIU.....	22
3.2.3.1. Estudi de tensions i deformacions. ....	24
3.3. CÀLCULS I DIMENSIONAMENT DELS COMPONENTS. ....	27
3.3.1. PLAT DE TREBALL. ....	27
3.3.1.1. Volandera MB i femella KM. ....	29
3.3.2. TAULA DE SUPORT DEL PLAT.....	30
3.3.2.1. Rodaments.....	30
3.3.2.2. Casquet per fixar pistes dels rodaments.....	32
3.3.2.3. Brida fixació.....	33
3.3.2.4. Volanderes Seegers.....	34
3.3.2.5. Taula. ....	34
3.3.2.6. Casquets fricció orelles. ....	36
3.3.2.7. Elements de fixació. ....	36
3.3.2.8. Elements de protecció. ....	38
3.3.3. ELEMENTS PEL MOVIMENT DE ROTACIÓ DEL PLAT. ....	39

3.3.3.1. Motor model MG_050_SD_H_11159036_P010.....	40
3.3.3.2. Reductor model 306_L2_38.4_HC_T4AA_O.....	41
3.3.3.3. Suport motor.....	41
3.3.4. BRAÇOS SUPORT A BANCADA.....	42
3.3.4.1. Suport-braços.....	42
3.3.4.2. Rodaments.....	45
3.3.4.3. Eix junta giratòria.....	46
3.3.4.4. Casquets.....	47
3.3.4.5. Elements de fixació.....	47
3.3.4.6. Complementos.....	48
3.3.5. PISTONS HIDRÀULICS D'INCORPORACIÓ.....	48
3.3.5.1. Pistó hidràulic model "703-3".....	48
3.3.5.3. Eixos i passadors.....	49
3.3.6. ESTRUCTURA DE BANCADA.....	50
3.3.6.1. Bancada.....	50
3.3.6.2. Guies model "KUVE25-WL".....	52
3.3.6.3. Politja.....	53
3.3.6.4. Eix politja.....	53
3.3.7. SISTEMA D'ELEVACIÓ.....	54
<b>4. MANUAL D'ÚS.....</b>	<b>56</b>
4.1. FUNCIONALITATS.....	56
4.2. GUIA D'ÚS DE LA MAQUINÀRIA.....	57
4.3. SEGURETAT DE LA MÀQUINA.....	58
<b>5. ESTUDI ECONÒMIC.....</b>	<b>60</b>
<b>6. PLÀNOLS CONSTRUCTIUS DE LA MÀQUINA.....</b>	<b>64</b>
<b>7. MEDI AMBIENT I RECICLATGE DEL PRODUCTE.....</b>	<b>66</b>
<b>CONCLUSIONS.....</b>	<b>68</b>
<b>AGRAÏMENTS.....</b>	<b>69</b>
<b>BIBLIOGRAFIA.....</b>	<b>70</b>
Webgrafia i catàlegs:.....	70
Llibres: .....	72
<b>ANNEXOS.....</b>	<b>73</b>
Annex I. ESTUDI DE TENSIONS I DEFORMACIONS.	
Annex II. PLÀNOLS CONSTRUCTIUS.	
Annex III. CÀLCULS I PRESSUPOSTS.	
Annex IV. TAULES I CERTIFICATS.	

## SUMARI DE FIGURES.

Figura 1. 1. Taula per fixar els utensilis i el material a soldar. ....	12
Figura 1. 2. Esquerra: taula amb rotació sobre l'eix vertical. Dreta: taula amb rotació sobre un eix horitzontal. ....	12
Figura 1. 3. Posicionadores amb moviment respecte 2 eixos. ....	13
Figura 1. 4. Posicionadores multiaxials. ....	13
Figura 1. 5. Exemples de soldadura automatitzada. A l'esquerra un braç robotitzat, i a la dreta una cel·la automatitzada. ....	14
Figura 1. 6. Suport per la torxa. ....	14
Figura 1. 7. A l'esquerra el plat de fixació, i a la dreta els rodets. ....	14
 Figura 2. 1. Exemple del cordó de soldadura màxim. ....	17
 Figura 3. 1. Maqueta prèvia al modelatge final. ....	19
Figura 3. 2. Primers esbossos de la superfície del plat de treball i de l'eix per l'acoblament del motor. ....	20
Figura 3. 3. Primers esbossos pel moviment d'incorporació i elevació estudiats. ....	20
Figura 3. 4. Esbós de l'opció "tisora" pel sistema d'elevació. ....	21
Figura 3. 5. Esbós de la proposta per afegir un cargol elevador. ....	21
Figura 3. 6. Esbós del disseny de l'acoblament del cargol d'elevació amb l'estructura de suport. ....	22
Figura 3. 7. Vista del conjunt de les politges i les guies pel moviment lineal d'elevació. ....	22
Figura 3. 8. Vista i vista seccional de l'acoblament del plat de treball amb l'eix del bloc motor-reductor. ....	23
Figura 3. 9. Vistes de dos de les posicions que es poden realitzar en el moviment d'incorporació. ....	23
Figura 3. 10. Disseny final de la màquina completa. ....	23
Figura 3. 11. Estudi de tensions del conjunt de la màquina respecte la posició horitzontal. ....	25
Figura 3. 12. Estudi de tensions del conjunt de la màquina respecte la posició vertical. ....	26
Figura 3. 13. Imatge de l'estudi de deformacions de la posició de treball horitzontal. ....	27
Figura 3. 14. Imatges de l'estudi de deformacions de la posició de treball vertical. ....	27
Figura 3. 15. Disseny definitiu del plat de treball rotatori. ....	28
Figura 3. 16. A l'esquerra representació de tensions en posició horitzontal, a la dreta en vertical. ....	29
Figura 3. 17. A l'esquerra representació de deformacions en posició horitzontal, a la dreta en vertical. ....	29
Figura 3. 18. A l'esquerra les característiques físiques i mecàniques de la volandera MB16 [14], a la dreta el disseny. ....	29
Figura 3. 19. A l'esquerra les característiques físiques i mecàniques de la femella KM16 [14], a la dreta el disseny. ....	30
Figura 3. 20. Representació 3D del rodament FAG.3216.2ZR.TVH. ....	31
Figura 3. 21. Característiques rodament FAG.3216.2ZR.TVH.[15]. ....	31
Figura 3. 22. Característiques de disseny del rodament FAG.3216.2ZR.TVH. [15]. ....	31

Figura 3. 23. Representació 3D del rodament <i>FAG.20216T</i> .....	32
Figura 3. 24. Característiques rodament <i>FAG.20216T</i> . [15]. .....	32
Figura 3. 25. Característiques de disseny del rodament <i>FAG.20216T</i> . [15]. .....	32
Figura 3. 26. Casquet d'acer per a la fixació de la pista interior dels rodaments. ....	33
Figura 3. 27. Disseny final de la brida sense components. ....	33
Figura 3. 28. A l'esquerra, la secció del disseny final de la brida sense components i a la dreta, amb els components interiors ubicats. ....	34
Figura 3. 29. Disseny 3D de la volandera Seeger per a la fixació de la pista exterior dels rodaments. ....	34
Figura 3. 30. Vistes del disseny final de la taula.....	35
Figura 3. 31. Estudi de tensions de la taula. A l'esquerra en posició horitzontal, a la dreta vertical. ....	35
Figura 3. 32. Casquets de bronze de les orelles de la taula. ....	36
Figura 3. 33. Disseny del conjunt de la brida, la taula i el suport motor, amb la unió cargolada.....	37
Figura 3. 34. D'esquerra a dreta: cargol DIN912, volandera DIN1440 i femella DIN985. ....	38
Figura 3. 35. A l'esquerra la tapa superior, a la dreta la inferior. ....	39
Figura 3. 36. A l'esquerra un motor de la sèrie 050, a la dreta el modelatge del motor <i>MG_050_SD_H_11159036_P010</i> .....	41
Figura 3. 37. Reductor i modelat de la sèrie 300M de l'empresa <i>Bonfiglioli 306_L2_38.4_HC_T4AA_O</i> . ....	41
Figura 3. 38. A la dreta el suport del motor, a l'esquerra l'assemblatge amb la taula. .	42
Figura 3. 39. Modelat final suport-braços. ....	42
Figura 3. 40. Vistes de les peces laterals del suport-braços.....	43
Figura 3. 41. Vistes de la xapa frontal del suport-braços.....	43
Figura 3. 42. Vista de la xapa posterior del suport-braços. ....	44
Figura 3. 43. Vista de la xapa superior del suport-braços. ....	44
Figura 3. 44. Estudi de tensions del suport-braços. A l'esquerra en posició horitzontal, a la dreta en vertical.....	45
Figura 3. 45. Estudi de deformacions del suport-braços. A l'esquerra en posició horitzontal, a la dreta en vertical. ....	45
Figura 3. 46. Vistes del modelatge del rodament de boles <i>FAG6006.2.RS</i> . ....	46
Figura 3. 47. Vistes de la col·locació dels rodaments <i>FAG6006.2.RS</i> al suport-braços. ....	46
Figura 3. 48. Vista eix junta giratòria. ....	46
Figura 3. 49. Vista del modelatge del casquet .....	47
Figura 3. 50. D'esquerra a dreta, vistes de femella DIN985, volandera DIN1440 i conjunt d'elements en contacte.....	48
Figura 3. 51. Vistes del acoblament dels calaixos i els endolls amb els braços.....	48
Figura 3. 52. Vista del pistó de doble efecte 703-3 [21]. ....	49
Figura 3. 53. a l'esquerra l'eix d'enllaç amb la taula, a la dreta, el d'enllaç amb el suport-braços.....	49
Figura 3. 54. Modelatge del passador <i>DIN 94_8x32</i> [18]. ....	50
Figura 3. 55. D'esquerra a dreta modelatge de: conjunt bancada amb politges, peus i suport politges. ....	51
Figura 3. 56. Estudi de tensions del conjunt suport-braços i bancada. ....	51
Figura 3. 57. Estudi de deformacions del conjunt suport-braços i bancada.....	52

Figura 3. 58. Vista del modelatge del sistema de guies KUV25-WL. ....	52
Figura 3. 59. Carret de boles de la guia lineal KUV25-WL. ....	53
Figura 3. 60. Vistes modelat politges. ....	53
Figura 3. 61. Vista del modelat de l'eix de la politja. ....	54
Figura 4. 1. Sistema de coordenades de la màquina. ....	57

## SUMARI DE TAULES.

Taula 3. 1. Propietats dels materials utilitzats al disseny dels elements de la màquina. Encerclats en verd aquells que s'han utilitzat. ....	24
Taula 3. 2. Característiques de les rosques normalitzades segons ISO. ....	38
Taula 4. 1. Principals riscos i mesures de seguretat de la màquina. ....	58
Taula 5. 1. Taula resum del pressupost desglossat de la part mecànica. ....	61
Taula 6. 1. Esquema de la distribució de les peces en relació amb el seu número de plànol. ....	65
Taula 7. 1. Normativa ambiental aplicable al projecte. ....	66



## GLOSSARI DE SIGNES, SÍMBOLS, ABREVIATURES, ACRÒNIMS I TERMES.

- MIG: Metal Inert Gas (soldadura amb gas inert de metall).
- MAG: Metal Active Gas (soldadura amb gas actiu del metall).
- $h_c$  : dimensió del cordó de soldadura.
- $e_{min}$ : gruix de la xapa menys gruixuda.
- rad: radiants.
- s: segons.
- $K_c$ : rigidessa del cargol.
- $K_p$ : rigidessa de la peça.
- $A_T$ : àrea resistent.
- $\sigma$  : Tensió.
- $I_{z,p}$ : moment d'inèrcia del cos segons l'eix que no passa a través del seu centre de masses.
- $I_{z,G}$ : moment d'inèrcia del cos segons l'eix que passa a través del seu centre de masses.
- $M_I$  : Moment d'inèrcia
- Pot.: potència.
- $w$ : velocitat angular.
- $\varepsilon_{plat}$  : acceleració angular del plat de treball.
- $a_{peça}$  : acceleració lineal de la peça a soldar.
- cc: cilindrada cúbica.
- rpm: revolucions per minut.
- m: massa de l'element.
- r: distància perpendicular entre els eixos paral·lels.
- R: radi de l'element.
- S.C.: subconjunt.
- P.N.: peça normalitzada.

## 1. INTRODUCCIÓ, OBJECTIUS I ABAST.

### 1.1. INTRODUCCIÓ.

Actualment quan pensem en el procés de soldadura, el primer que se'ns ve al cap són les grans línies de producció amb braços robotitzats com, per exemple, veiem en el cas de l'automoció. Però encara existeixen moltes empreses de dimensions petites o mitjanes on la soldadura la realitza l'operari. Aquest procés de soldadura comporta, en la majoria de casos, moviments de la peça a soldar per tal de poder treballar còmodament, així com també la fabricació d'utilitatge per poder obtenir una posició correcta de les peces i així intentar facilitar la producció. Aquest es un dels grans contratemps que hi ha en el procés de soldadura.

A partir de veure diferents dificultats en aquest procés a les empreses de mitjana dimensió, vaig voler facilitar la feina als operaris. Aconseguir una milloria en la rendibilitat i en l'ergonomia, i una qualitat a la zona de treball de la soldadura. Per tant l'objectiu d'aquest treball és el disseny d'una màquina que faciliti la feina als operaris de les petites i mitjanes empreses en el procés de soldadura.

En col·laboració amb la empresa *Mecanizados ESCAMEZ, S.L.U.*, hem definit uns paràmetres funcionals o requisits reals per tal de poder dimensionar i dissenyar la màquina.

### 1.2. OBJECTIUS I ABAST.

L'objectiu principal del projecte de final de grau és realitzar el disseny d'una màquina posicionadora per a la soldadura. Però aquest objectiu en comporta d'altres com:

- Millor coneixement del món de la soldadura: conèixer els diferents tipus de soldadura, indagar per veure quin és el mètode de soldadura més utilitzat en el sector i quin tipus de peces s'acostuma a soldar en un sector de empresa mitjana.
- Conèixer els requisits per realitzar una soldadura apte: saber com s'ha de soldar a través d'explicacions i mostres de gent professional del sector.
- Aprofundir en els coneixements del disseny de màquines: durant la realització del projecte final de grau s'espera trobar casos reals en els quals s'hagi d'aplicar els coneixements assolit durant el transcurs del grau, i aprofitar l'ocasió per aprofundir en la temàtica.
- Capacitat de dissenyar en funció d'uns requisits especificats: es vol donar realisme al transcurs del projecte assolint rols semblants als que podem trobar en el món laboral.
- Coneixement i elecció dels elements normalitzats aptes per a desenvolupar les funcions requerides segons el disseny: ser capaç d'escollir els elements normalitzats adients pel disseny, prèviament havent fet recerca de diferents per

observar quins hi ha en el mercat i poder ampliar les possibilitats.

- Realitzar el modelatge d'una màquina segons els elements dissenyats: a partir de les idees de disseny que s'obtinguin, ser capaç de dissenyar tots els elements amb el software *Siemens NX10*.
- Estudi econòmic i viabilitat per la seva fabricació: un dels problemes de l'actualitat a l'hora de dissenyar és el cost. Es vol comprovar el que costaria tot el disseny realitzat prèviament per prendre consciència del valor i el que significa.
- Establir contacte amb diferents sectors del món industrial: com ja s'ha esmentat, es vol donar realisme al projecte de final de grau, es per això que es vol establir contacte amb professionals del sector.

### 1.3. ESTRUCTURA DEL PROJECTE.

Inicialment es planteja el projecte en tres gran blocs. El primer on s'estudiarà l'oferta actual del mercat respecte a aquests tipus de maquinària, per tenir una idea global del seu funcionament, com s'utilitzen i per a que serveixen.

El segon bloc, i on es centra la major part del projecte, s'utilitzarà per realitzar el modelat inicial de la màquina utilitzant el software desenvolupat per *Siemens PLU*, anomenat *Siemens NX10*. Durant aquest procés s'ha fet diferents modelatges per arribar a aconseguir el més adequat per a la funció que és vol que desenvolupi l'element. Aquest fet provocarà una cerca constant als catàlegs d'elements normalitzats, per poder adaptar el disseny de la màquina. En aquest bloc també es realitzaran els càlculs més importants pel correcte funcionament del conjunt. Un cop realitzats aquests càlculs, s'establirà contacte amb diversos professionals del sector industrial per a la verificació dels elements, per a obtenir un pressupost real i per conèixer altres opcions que puguin realitzar les mateixes funcions o similars. Al final d'aquest bloc es realitzaran les comprovacions d'elements finits del modelat, a través del software *Sòlid Works 2017*, que verificarà el dimensionament realitzat.

Seguidament, es farà un estudi econòmic per la fabricació d'un prototip. Per donar validesa al pressupost final, s'aconseguirà el recolzament i la verificació de la part econòmica de gent professional en el sector del mecanitzat. A més, es crearà una guia d'ús de la màquina per tal de que l'operari pugui fer un bon ús d'aquesta.

Per acabar, s'analitzarà la feina i el procés seguit, i es redactaran les conclusions del projecte.

### 1.4. MERCAT ACTUAL.

Prèviament a iniciar el dimensionament i disseny final de la màquina, s'ha fet una cerca per veure quins tipus de màquines hi han dins del sector de les posicionadores de soldadura. Podem veure les següents:

A la *figura 1.1*, es veu una imatge del que seria una taula preparada per a la fixació dels components a soldar [1]. Com es pot observar es veuen diferents orificis, per tal de poder fixar els components, distribuïts de manera uniforme i en quantitat per tota la taula. Si pensem en la manera d'utilitzar-ho durant la soldadura, el primer el que hem de pensar és en la quantitat de moviments dels utensilis que hem de fer per tal d'acabar la feina. És per això que podríem definir aquesta taula com la opció més prehistòrica per realitzar el procés de soldadura.



Figura 1. 1. Taula per fixar els utensilis i el material a soldar.

A la *figura 1.2*, mostrada a continuació, es pot observar dos tipus de taules per realitzar la soldadura amb algun avenç, depenent de la funció que es vulgui realitzar [1]. Aquestes taules ens permeten la rotació sobre un eix per poder soldar, per exemple, un tub rodó a una peça plana. L'avantatge d'aquest tipus de màquines respecte l'anterior, és que es pot moure la peça i es pot fer a una velocitat constant mentre es du a terme l'acció, fet que pot facilitar a l'operari realitzar la soldadura.

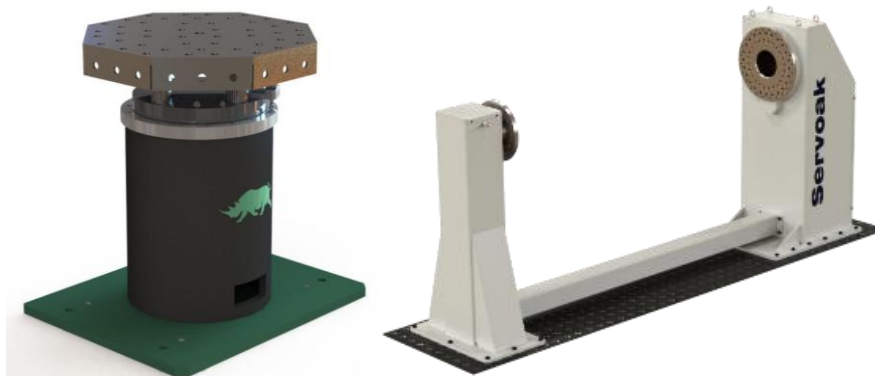


Figura 1. 2. Esquerra: taula amb rotació sobre l'eix vertical. Dreta: taula amb rotació sobre un eix horitzontal.

En el següent tipus de taules mostrades a la *figura 1.3*, es pot veure que, a més de la rotació del plat, també es pot incorporar/inclinar l'element [1]. Aquest moviment de més permetrà tenir una incidència a les peces correcte i còmode, a més de facilitar l'acció en llocs on és més difícil accedir-hi.



Figura 1. 3. Posicionadores amb moviment respecte 2 eixos.

Dins de l'àmbit de les taules amb interacció operari-màquina, el tipus que ens mostra la *figura 1.4.*, és el que ens permet adaptar millor la posició de la peça per soldar. Són un tipus de posicionadores multi axials, per tant permeten ajustar la posició de la peça tant en alçada, com en la inclinació i en la rotació [2]. L'inconvenient principal d'aquest tipus de màquines, és el cost elevat. Però per altra banda, ens agilitza els moviments que s'han de fer per situar o col·locar les peces correctament.

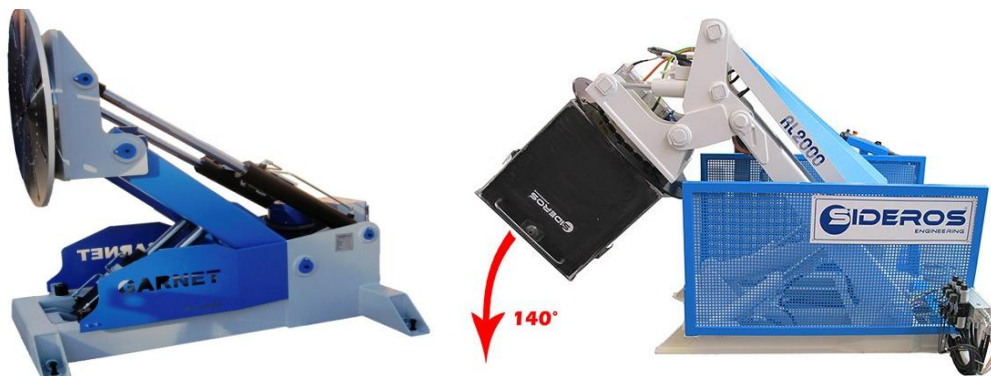


Figura 1. 4. Posicionadores multiaxials.

L'últim salt en tecnologia que podem trobar més comú, és la utilització de cel·les automatitzades o braços robot automatitzats (*figura 1.5.*) [2]. Aquesta maquinària sembla que hagi de ser la revolució en el sector de la soldadura però, per empreses de mitjanes i petites dimensions, hi han diferents inconvenients o impediments com podrien ser: preu elevat, programació de la màquina automatitzada, en molts casos es complementa amb un o varis posicionadors,... no obstant tenen altres avantatges en vers a la producció. Per tant es pot dir que per una empresa gran que es dedica exclusivament o majorment a realitzar la operació de soldadura, podrien sortir rentables.



Figura 1. 5. Exemples de soldadura automatitzada. A l'esquerra un braç robotitzat, i a la dreta una cel·la automatitzada.

Una part important de la maquinària és la versatilitat, ja sigui integrat o afegint complements. Depenent del tipus de soldadura que volem fer existeixen diferents complements amb varies funcionalitats. A continuació mostrem els més usats:

A la *figura 1.6.* es pot veure un utensili que servirà per deixar la torxa en una posició fixa [1]. Aquest es pot regular i adaptar a la posició requerida per tal d'incidir en la peça a soldar correctament.



Figura 1. 6. Suport per la torxa.

Per una banda, a la *figura 1.7.* es mostra el plat de fixació, que servirà per agafar peces cilíndriques com tubs, rodons massissos o d'altres, mitjançant un mecanisme circular que adapta les pinces fent una pressió contra la peça. Per altra banda, hi ha uns rodets per recolzar les peces més esveltes [1]. Aquesta última evita que a la peça es provoqui flexió. Si aquesta es donés a terme, es faria una mala soldadura.



Figura 1. 7. A l'esquerra el plat de fixació, i a la dreta els rodets.



## 2. EL PROCÉS DE SOLDADURA.

Les primeres incidències de la soldadura en el món, es remunten a l'Edat de Bronze. Els exemplars més antics de soldadures que s'han trobat, són capsos d'or pertanyents a aquesta època. Per una altra banda, també es van trobar varies eines de ferro dels egipcis fetes a partir de soldadura. Durant l'edat mitjana, els ferrers van soldar varies peces de ferro a partir d'un tipus de soldadura anomenada martelleig. No obstant, el procés de soldadura no es consolida com una tècnica habitual fins a principis del segle XIX, on s'aconsegueix la soldadura a partir de la producció d'un arc entre dos elèctrodes de carboni utilitzant una bateria. Aquest descobriment es gràcies a Humphry Davy, que es considera el pioner de la soldadura amb arc [3, 4, 35].

### 2.1. QUÈ ÉS LA SOLDADURA?

Segons articles de "Mechanical Buzz" la soldadura és el procés més econòmic i eficient d'unir dos metalls permanentment, a partir de l'aportació de calor. A vegades amb pressió o, d'altres, amb aplicació d'un metall d'aportació que té el punt de fusió semblant al del metall base. Per tant, podríem dir que és una manera de fer que dos peces de metall actuïn com si fossin una [5].

### 2.2. PER QUÈ SERVEIX LA SOLDADURA?

El procés de soldadura influeix en gran part dels objectes quotidians de la nostra vida, ja sigui d'una manera més funcional, com artística.

Podem trobar diferents aplicacions de la soldadura, dins de varis àmbits [6] com:

- La construcció, on trobem que els operaris poden construir part dels ponts, o ampliant espais interiors com soterranis entre d'altres feines.
- Dins la indústria, emprant la soldadura per la fabricació de maquinària de diferents sectors com l'agrícola, la construcció, la minera, la naval, automoció,...
- També hi ha una part del sector de la soldadura que es dedica a la reparació, on podem incloure la reparació i el manteniment de la maquinària pesada, o de peces desgastades.
- Per últim, també podem trobar una petita part del sector de la soldadura dins del món de l'art, creant escultures i obres d'art.

Després de veure on s'utilitza la soldadura, podem ampliar la definició feta anteriorment dient que la soldadura també ens serveix per reparar peces desgastades.

### 2.3. SISTEMES DE SOLDADURA.

Depenent del tipus de material d'aportació existeixen dos tipus de soldadura [7]:

- Homogènia o autògena: són els tipus de soldadura on no s'utilitza material d'aportació, o s'utilitza el mateix material que el de les peces a unir. En aquest cas els metalls que unim i el material d'aportació han de tenir la mateixa naturalesa. Si la unió es du a terme a aplicació de pressió sense fondre les parts a unir, parlem de soldadura en estat sòlid. Si la fosa és de les dues parts a unir, amb aplicació de calor i amb o sense aportació de material, parlem de soldadura per fusió o autògena.
- Heterogènia o d'aliatge: es du a terme entre materials de diferent naturalesa, amb o sense material d'aportació, amb una temperatura de fusió inferior a la dels metalls a unir. Si el punt de fusió supera els 450°C i la seva resistència mecànica i a la corrosió són altes, parlem de soldadura forta, en cas contrari parlem de soldadura tova.

Si aprofundim, podem trobar diferents tipus de soldadura dins les categories que acabem de definir. Els principals processos de soldadura, o els més utilitzats són [7, 9]:

- Soldadura per gas o oxigen: aquest tipus de soldadura la ubiquem dins de les soldadures homogènies per fusió. És el més conegut, encara que avui en dia es limita el seu ús a la soldadura de xapes fines i reparació de peces foses. Pel seu ús es requereix d'una gran font de calor provinent de la combustió del acetilè ( $C_2H_2$ ), que aconseguirà la fusió entre el metall base i el material d'aportació. Cada cop s'utilitza menys, perquè es necessiten altes temperatures d'actuació (fet que provoca un refredament lent), incideix en l'aparició de tensions i deformacions en el material de la peça més afectada tèrmicament.
- Soldadura per arc: és un tipus de soldadura homogènia per fusió amb aportació de material, on la fusió del metall es produeix gràcies a la calor generada per un arc elèctric establert entre l'extrem del elèctrode revestit, i el metall base de una unió a soldar, on es produeixen temperatures de fins a 30.000 °C.

## **2.4. PROCÉS DE SOLDADURA MIG/MAG.**

El procés de soldadura més comú en el sector al que s'enfoca el disseny de la màquina és el denominat soldadura per arc metàl·lic amb gas, també conegut com MIG/MAG. És un tipus de soldadura homogènia.

En aquest procés la fusió del material es produeix per un arc que s'estableix entre l'extrem del material d'aportament i la peça a soldar. La font d'escalfor per fondre els metalls es produeix mitjançant una flama resultant de la combustió d'un gas amb oxigen. El gas s'encarrega de la protecció, evitant que penetrin els gasos de l'atmosfera al bany de fusió.

El tipus de transferència del filferro d'aportament a través de l'arc depèn del valor de la corrent. A baixes corrents, la transferència es realitza per gran glòbuls o gotes. Quan la corrent augmenta, combinant-ho amb un 80% d'argó en la mescla de gas, aquests glòbuls es redueixen progressivament fins que, a una determinada corrent que



dependrà del material i del diàmetre del filferro, a la transferència es generen fines gotes o esprai.

El primer que s'ha de ser per la soldadura, és netejar les superfícies que es veuran implicades en el procés, és a dir, desengreixar-les, desoxidar-les,... Posteriorment s'ha d'assegurar que les peces a soldar estan preparades i ajustades en la posició per soldar-les entre si. Per a realitzar la soldadura, la tensió resulta determinat: per una banda, quan més elevada és la tensió, més profunda és la penetració de la soldadura. Per altra banda, la intensitat de la corrent controla la velocitat de sortida de l'elèctrode. Per tant, a més intensitat creix la velocitat d'alimentació del material d'aportament, es generen cordons més gruixuts i es possible reomplir unions més grans [8].

Quan les realitza el procés, aquesta aportació de material crea una marca que es denomina cordó. La dimensió del cordó màxim òptim que es recomana utilitzar és un 70% del gruix més petit dels elements a soldar [9]. És a dir:

$$h_c = 0,70 \cdot e_{min}$$

on " $h_c$ " és la dimensió del cordó, i la " $e_{min}$ " és el gruix de la xapa menys gruixuda. A la figura 2.1., es mostra un exemple de la mida de la soldadura màxima.

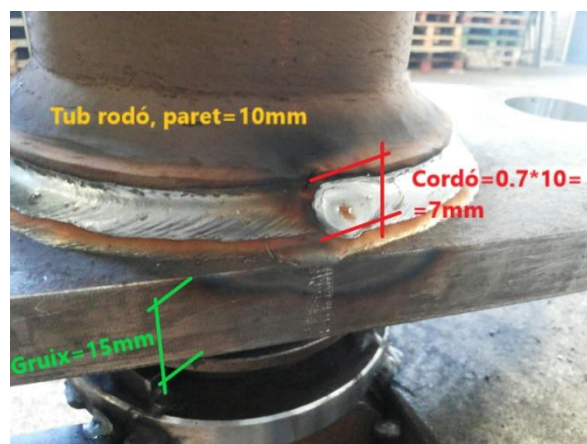


Figura 2. 1. Exemple del cordó de soldadura màxim.

#### 2.4.1. EQUIP DE SOLDADURA.

Els components principals de l'equip de soldadura MIG/MAG són [8]:

- Màquina de soldar o font de poder: és la font d'alimentació de voltatge constant. La corrent a soldar es determina per la càrrega. Aquestes màquines estan disponibles de 150 a 1.000 amperes.
- Motor per a la alimentació del filferro i controls: el sistema depèn de la relació entre el grau de combustió del filferro i la corrent per soldar. Aquesta relació es constant per a un determinat diàmetre, composició del filferro i gas empleat. A determinada velocitat d'alimentació del filferro, la màquina subministrarà la quantitat apropiada de corrent per a mantenir l'arc estable.
- Pistola o torxa, i conjunt de cablejat per a la soldadura: serveixen per al control del filferro, la corrent a soldar i per administrar el gas protector a l'arc.

- Subministrament de gas protector i controls: el gas protector desplaça l'aire del voltant de l'arc per evitar la contaminació del metall fos. Els graus de la pressió de gas depenen del tipus de gas empleat, del material a soldar, de la posició a soldar, de la velocitat d'avanç i de les corrents de l'aire.
- Filferro: la composició d'aquest s'ha de seleccionar segons el material a soldar, la variació dins del procés i l'atmosfera de protecció.

### 3. DISSENY I CÀLCULS.

#### 3.1. REQUISITS PEL DISSENY.

Per tal de començar a dissenyar els components de la màquina, es necessita saber els requisits de funcionament que demanda el client. En aquest cas, s'ha mantingut contacte amb l'empresa de la indústria de mecanitzats *Mecanizados ESCAMEZ, S.L.U.* on es realitza el procés de soldadura manualment, i han sigut ells qui han marcat els requisits inicials de disseny. Aquests són els següents:

- Massa màxima de treball: 1500kg.
- Velocitat de rotació màxima: 1,2 rad/s.
- Velocitat de rotació mínim: 0,1 rad/s.
- Acceleració angular: ha d'assolir la velocitat de rotació màxima de 1,2 rad/s en 2 segons com a màxim.
- Velocitat de pujada màxima: 1m/s
- Velocitat de pujada mínima: 0,2m/s
- Acceleració lineal: ha d'assolir la velocitat lineal màxima de 1m/s en 2 segons com a màxim.
- 4 endolls de 220V.
- Suport per a esmoladores o torxa.
- Suport per a la massa.
- Calaixos per emmagatzemar el material relacionat amb la soldadura.
- L'espai que ocupi en planta ha de ser el més reduït possible per tal de poder-la ubicar al taller.

#### 3.2. FASES DEL DISSENY.

Inicialment s'ha realitzar una maqueta prèvia al disseny (*figura 3.1.*) per tal d'obtenir una visió a grans trets del que podrà ser la màquina, tenint en compte els requisits més importants de l'apartat 3.1.

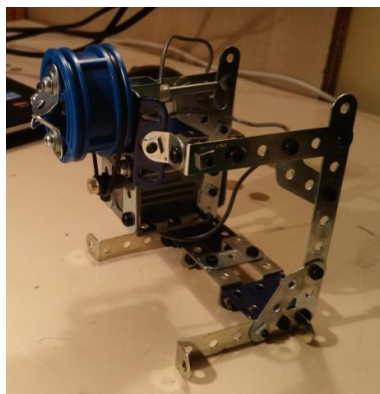


Figura 3. 1. Maqueta prèvia al modelatge final.

Seguidament s'ha procedit a realitzar el disseny de la maquinària i dels seus components. Durant aquest procés s'han plantejat diferents elements per a realitzar les funcions requerides. A continuació detallem aquest procés, dividit en 3 fases:

### 3.2.1. PRIMERA PROPOSTA DE DISSENY.

La màquina permet el moviment en 3 eixos diferents. Aquests moviments són: un rotacional, un d'inclinació i un d'elevació lineal.

A la primera fase del disseny, es debat entre dues opcions per fer transmetre el moviment rotacional al plat: la primera a partir d'una corona dentada, i la segona directament amb l'acoblament de l'eix d'un motor. Depenent de l'opció, el disseny del plat pot variar. Finalment es recórrer a la segona opció: acoblar l'eix directament. Per tant, el plat hauria de portar una estructura que s'acoblés a l'eix.

A la *figura 3.2.* es pot veure els primers esbossos del plat de treball. Per poder establir el disseny de la superfície d'aquest, s'ha estudiat el mercat dels plats de mordaces per tal de veure la distribució dels elements de fixació d'aquests [10].

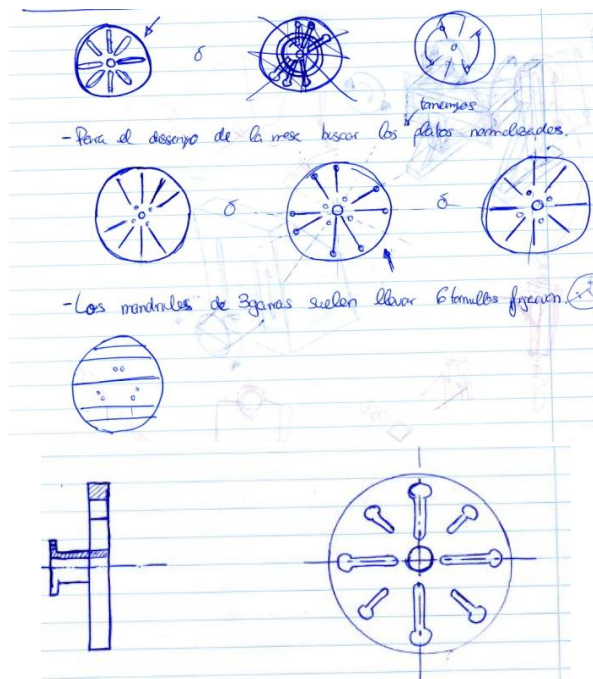


Figura 3. 2. Primers esbossos de la superfície del plat de treball i de l'eix per l'acoblament del motor.

Per poder generar el moviment d'incorporació es van estudiar diferents mecanismes, alguns mostrats a la *figura 3.3.*, per tal de poder executar el moviment en les millors condicions, de que estigues format per un mecanisme senzill en quant a complexitat mecànica i econòmic. Les diferents opcions que van sorgir van ser: a través d'una biela, a partir d'un pinyó solidari amb l'eix de gir, o a partir de pistons.

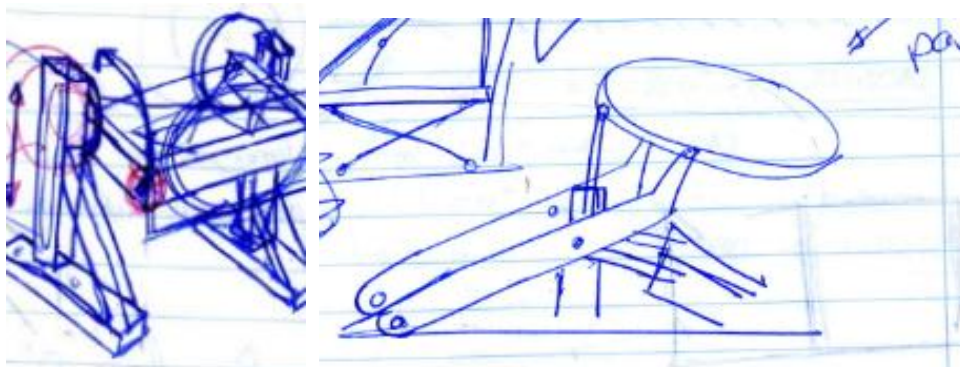


Figura 3. 3. Primers esbossos pel moviment d'incorporació i elevació estudiats.

Per últim el moviment d'elevació es va plantejar, com a primera idea, a partir d'una cremallera dentada. En el moment de valorar la viabilitat econòmica, es va considerar que s'havia de seguir fent recerca per generar aquest tipus de moviment. Com opció alternativa es va estudiar de fer-ho amb un sistema de "tisora", tal i com mostra la figura 3.4.

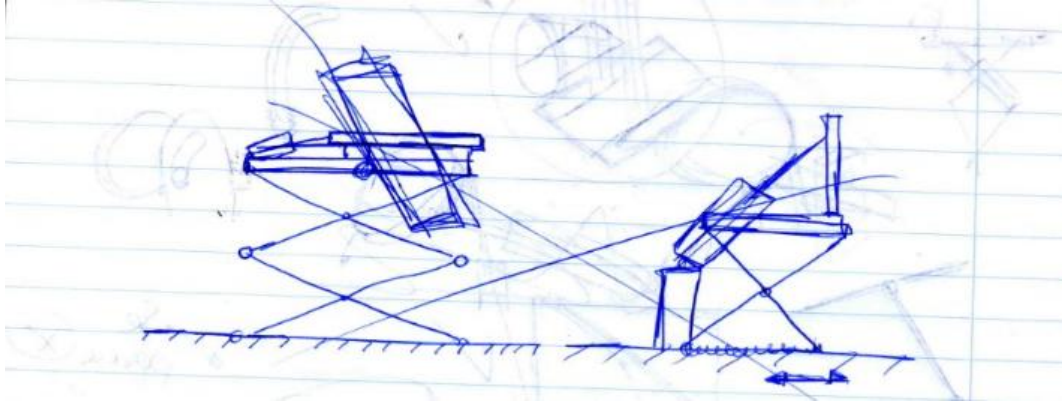


Figura 3. 4. Esbós de l'opció "tisora" pel sistema d'elevació.

Un cop definits els 3 moviments que realitzarà la màquina, tenint en compte que l'elevació preferiblement es vol aconseguir a partir d'un moviment lineal. S'ha passat a la segona fase de disseny, on s'acabarà de definir el mecanisme d'elevació i d'incorporació i, a més, es comença a definir la forma final d'alguns dels elements a fabricar.

### 3.2.2. SEGONA PROPOSTA DE DISSENY.

En aquesta fase es fa una recerca de diferents màquines del sector industrial, on es present un moviment d'elevació similar al que es vol generar, com és el cas de les carretes elevadores o dels apiladors de bidons entre d'altres [11,12,13]. Aquesta visió més amplia del mercat, fa que s'esculli el sistema d'elevació a partir d'un cargol d'elevació amb guies, com el que es mostra a la figura 3.5.

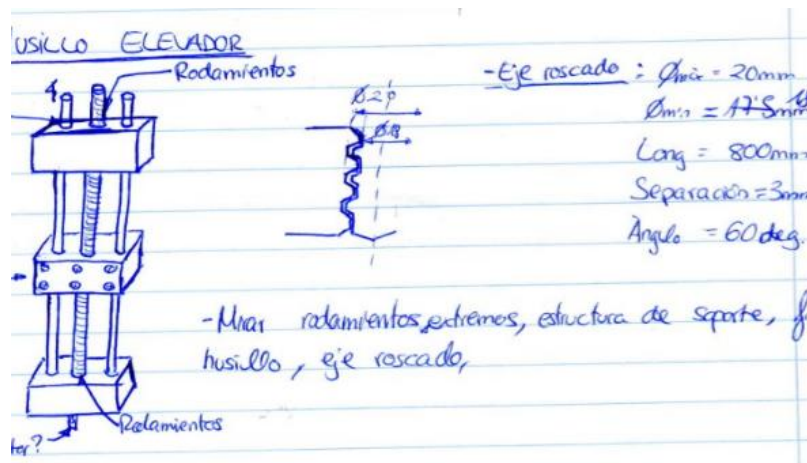


Figura 3. 5. Esbós de la proposta per afegir un cargol elevador.

A partir d'aquesta opció, es defineix una estructura que s'acoblarà al carretó del cargol d'elevació, per tal de transmetre el moviment a la resta de components. A la figura 3.6., es pot comprovar que amb aquesta solució d'elevació comença a completar una visió general del que serà la màquina finalment.



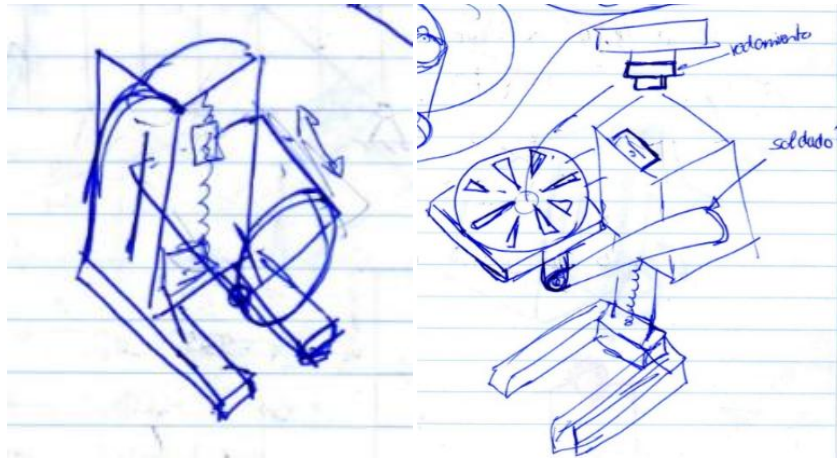


Figura 3. 6. Esbós del disseny de l'acoblament del cargol d'elevació amb l'estructura de suport.

Respecte al moviment d'incorporació de la taula, finalment es selecciona l'opció de generar-lo a partir de pistons hidràulics. S'escull 2 pistons ja que es valora la importància de mantenir l'estructura equilibrada, i en cas de fallada del sistema, poder seguir comptant amb l'acció d'un.

Per acabar, i amb els components gairebé definits, s'avança a una tercera fase on es concreten els elements, i s'afegeixen les últimes millores de disseny.

### 3.2.3. DISSENY DEFINITIU.

A la tercera o última fase de disseny que es pot diferenciar, s'inicia el disseny definitiu dels components i, a mesura que es van definint aquests, la recerca dels elements normalitzats ja que condicionen el dimensionament.

Respecte al punt anterior, s'ha estudiat els avantatges del cargol d'elevació conjuntament amb la part econòmica. Això ha fet que finalment, el sistema d'elevació es modifiqui introduint un sistema de politges i un motor d'elevació, situat a la part inferior, que transmetrà el moviment al bloc a través d'un cable tensor i de les politges (figura 3.7.). Aquest canvi també ve donat per l'escassa longitud de recorregut del cargol d'elevació. La configuració d'aquesta longitud no era compatible amb els esforços que hagués d'aguantar. Per altra banda, també s'ha tingut en compte la vida útil que tenen aquests tipus d'elements roscats on, al rebre gran esforços, les dents de la rosca acaben desgastant-se. Per un correcte alineament i suport d'esforços, el bloc anirà guiat a través de 3 guies.

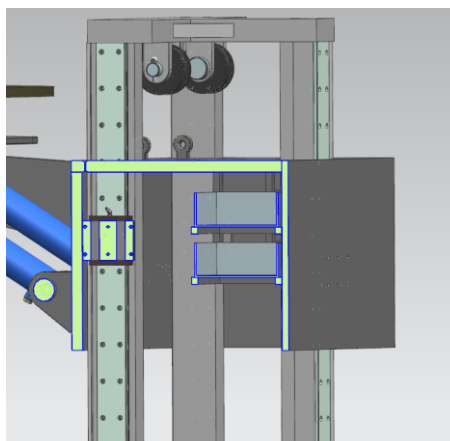


Figura 3. 7. Vista del conjunt de les politges i les guies pel moviment lineal d'elevació.

Com es pot veure representat a la *figura 3.8.*, finalment el moviment de rotació del plat on es treballarà amb les peces, es generat per l'acoblament de l'eix amb xaveta d'un bloc motor-reductor.

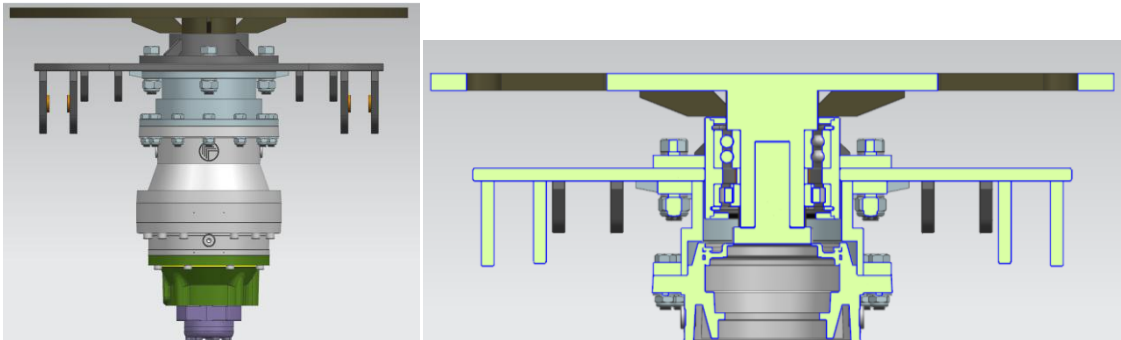


Figura 3. 8. Vista i vista seccional de l'acoblament del plat de treball amb l'eix del bloc motor-reductor.

Definitivament, el moviment d'incorporació s'ha decidit generar-lo a partir de pistons hidràulics. Els pistons empenten la taula a través d'unes orelles soldades a la taula. El recorregut d'aquesta pot anar des dels 0° respecte a l'horitzontal, fins els 90° tal i com es pot observar a la *figura 3.9.*

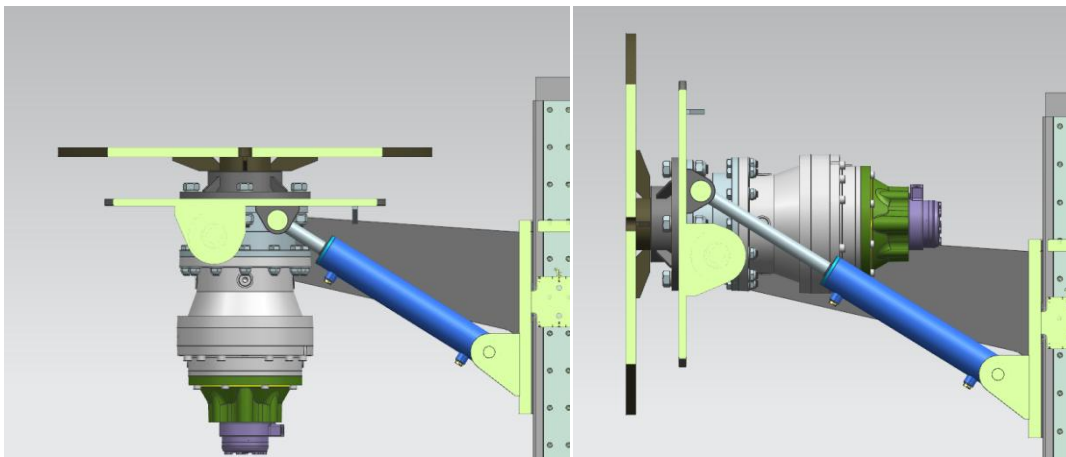


Figura 3. 9. Vistes de dos de les posicions que es poden realitzar en el moviment d'incorporació.

El disseny final de la màquina es mostra a la *figura 3.10.*, on s'ha tingut en compte els requisits esmentats a l'apartat 3.1. i tota l'evolució a la que han estat sotmesos els components.

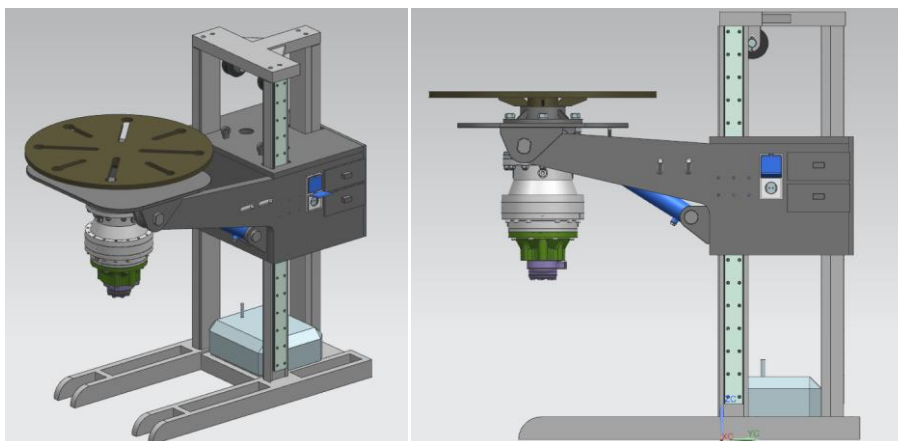


Figura 3. 10. Disseny final de la maquina completa.

A l'apartat 3.3 s'especifica i es detalla tots els components definitius que conformaran la màquina. Així com l'estudi de tensions i la fabricació de cadascun.

### 3.2.3.1. Estudi de tensions i deformacions.

Finalitzat al procés de disseny, s'ha procedit a fer un estudi de tensions i deformacions del conjunt de la màquina en les dos posicions límit de treball: en posició horitzontal i en vertical. Aquest estudi és una visió general del conjunt. En els punts de l'apartat 3.3. és detalla l'estudi dels components principals.

Els materials utilitzats per a la fabricació dels elements estructurals principals són: l'acer *S355JR* (*St52.3*), l'acer *F-125* i l'acer *F-111* (*taula 3.1.*). El material utilitzat en més quantitat és l'acer *S355JR*, ja que per les seves característiques i propietats mecàniques és un material adient pel disseny de les peces de més gran escala dins el conjunt. A l'*annex IV* es pot consultar la composició i altres propietats d'aquests, i també s'adjunta el certificat de l'acer *S355JR* :

ACEROS DE CONSTRUCCIÓN																			
ACEROS AL CARBONO																			
Calidad	Tratamientos Térmicos				Características Mecánicas (barras tratadas)														
					d ≤ 16mm			16 < d ≤ 40mm			40 < d ≤ 100mm			100 < d ≤ 160mm			160 < d ≤ 250mm		
					Re	Rm	A	Re	Rm	A	Re	Rm	A	Re	Rm	A	Re	Rm	A
	Recocido °C	Temple °C	Enfriamiento	°C	min.	min.	min.	min.	min.	min.	min.	min.	min.	min.	min.	min.	min.	min.	min.
					N/mm <sup>2</sup>	%	%	N/mm <sup>2</sup>	%	%	N/mm <sup>2</sup>	%	%	N/mm <sup>2</sup>	%	%	N/mm <sup>2</sup>	%	%
F-111	670-700	880-920	Agua	150-650	300	450	20	260	400	23	-	-	-	-	-	-	-	-	-
St52.3	670-700	880-900	Agua	550-650	360	560	18	340	540	19	320	520	20	300	480	21	280	450	20
F-1140	650-700	840-860	Agua / Aceite	540-660	490	700	14	430	650	16	370	630	17	300	600	17	280	540	14
F-1150	680-800	805-845	Aceite / Agua	550-660	550	800	12	490	750	14	420	700	14	350	670	14	310	610	12
					950			900			850			830			810		
ACEROS PARA TEMPLE Y REVENIDO																			
F-125Z	680-720	825-860	Aceite	540-680	900	1100	10	750	1100	11	650	900	12	550	800	13	500	750	14
					1300			1200			1100			950			900		
F-127Z	640-670	830-850	Aceite	550-650	835	1030	11	785	980	11	735	930	12	665	850	13	635	780	12
					1230			1180			1130			1030			980		

Taula 3. 1. Propietats dels materials utilitzats al disseny dels elements de la màquina. Encerclats en verd aquells que s'han utilitzat. .

Per una banda, a la *figura 3.11.*, es mostren els resultats de les tensions en la posició de treball horitzontal. Com es pot veure el valor de la tensió màxima que es localitza és de 195MPa. Tenint en compte que el límit elàstic més petit del material que s'ha utilitzat per la fabricació d'algun dels elements és el de l'acer *S355JR* amb valor de 355MPa, en un principi es pot donar per vàlid el disseny per la posició horitzontal de treball. Tot i així, quan s'entri a detallar els elements principals, es farà un estudi més acurat per tal d'obtenir uns resultats més específics i detallats, i poder verificar el correcte disseny per un funcionament òptim.



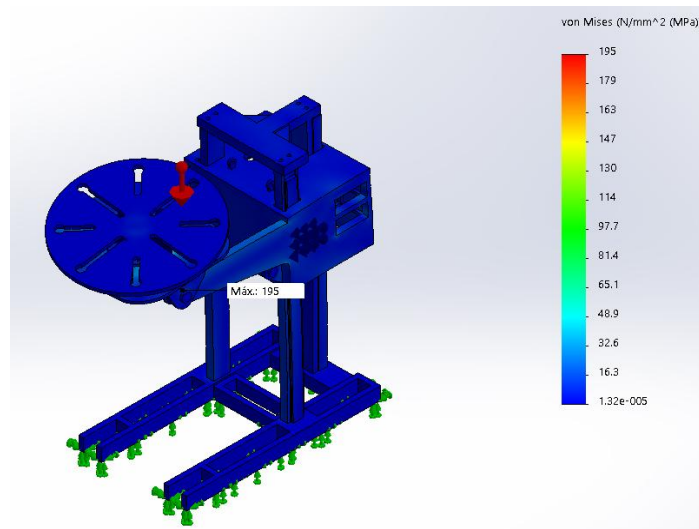


Figura 3. 11. Estudi de tensions del conjunt de la màquina respecte la posició horitzontal.

Per altra banda, a la *figura 3.12.*, es mostra l'estudi de deformacions en la posició de treball vertical, és a dir, amb un angle de posicionament del plat de treball respecte l'horitzontal de 90°. Com s'observa la tensió màxima del conjunt és de 547MPa, que és superior al límit elàstic del material més utilitzat al conjunt, l'acer S355JR amb valor de 355MPa, però aquest valor no és superior a la resta de límits elàstics. Per tant, quan s'estudiï els casos individualment, es veurà en quin element es troba aquesta tensió màxima. També es pot donar el cas que, aquesta tensió màxima es localitzi en una aresta i el software que s'ha emprat per a fer la simulació ho detecti com un error.

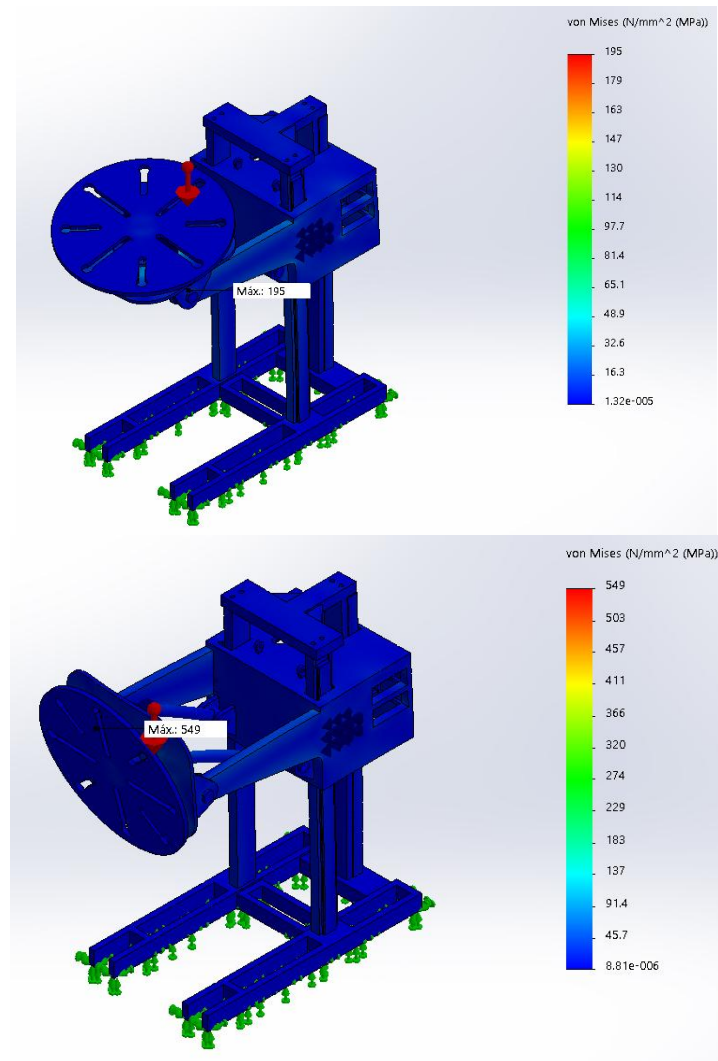


Figura 3. 12. Estudi de tensions del conjunt de la màquina respecte la posició vertical.

Referent a l'estudi de deformacions, es poden veure els resultats del conjunt en posició horitzontal i sol·licitat a la màxima càrrega permesa (*figura 3.13.*). Com es pot observar la màxima deformació que es manifesta és de valor 1,907mm. I en posició vertical els resultats de les deformacions del conjunt no superen els 3,834mm. (*figura 3.14.*).

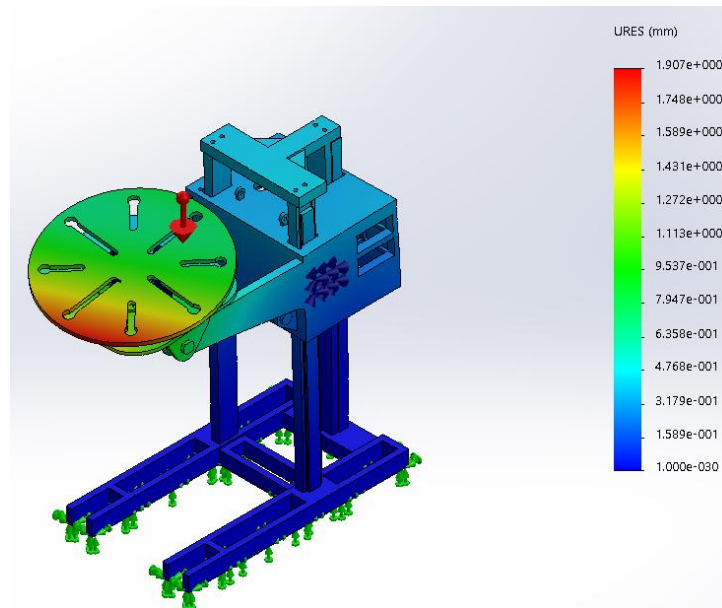


Figura 3. 13. Imatge de l'estudi de deformacions de la posició de treball horitzontal.

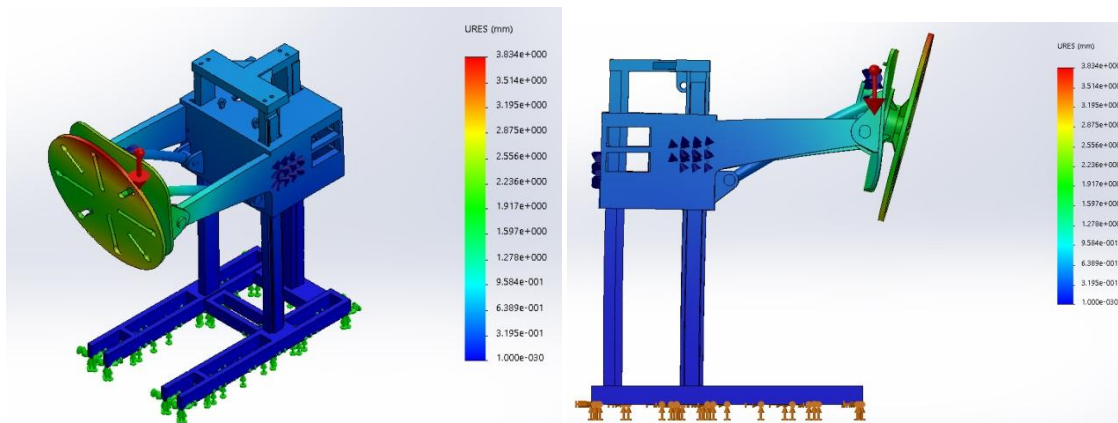


Figura 3. 14. Imatges de l'estudi de deformacions de la posició de treball vertical.

En cap dels dos casos les deformacions que s'experimenten són excessives, s'ha de tenir en compte que aquestes deformacions són màximes, és a dir, només es trobaran quan la màquina estigui treballant a màxima càrrega. Per tant, aquestes deformacions es manifestaran en pocs casos.

### 3.3. CÀLCULS I DIMENSIONAMENT DELS COMPONENTS.

Un cop realitzada la primera visió del que podria arribar a ser la màquina, s'entra a definir i dissenyar tots els components i elements que la conformaran.

#### 3.3.1. PLAT DE TREBALL.

El primer component dissenyat ha sigut el plat, ja que és el component que, principalment, només dependrà de la peça de treball. Per tal de dimensionar-lo, s'ha de tenir en compte els requisits marcats anteriorment a l'apartat 3.1. i les seves funcions: el plat de treball serà capaç de rotar 360° amb una velocitat, esmentada a l'apartat 3.1., que es podrà regular.

Ja que es vol un moviment rotatori, per comoditat de l'operari, s'ha decidit que la forma del plat serà circular. Per tal de definir el diàmetre de la taula, s'ha fet una estimació de les dimensions de les peces, la proximitat de l'operari amb les peces a soldar i l'ergonomia i comoditat d'aquest.

S'ha contactat amb l'empresa *Mecanizados ESCAMEZ, S.L.U.* i donen el seu vist i plau a la proposta de diàmetre 800mm. A més a més, s'ha de tenir en compte que en aquest plat s'hauria de poder fixar altres mordaces o elements de fixació.

El disseny comporta una superfície circular amb ranures de diferents longituds. Per la part inferior del plat es troba un eix esglaonat, finalitzat en rosca per poder-lo fixar i amb un forat per permetre la incorporació de l'eix del motor. Per últim es solden unes carteles per reforçar l'estructura (*figura 3.15.*).

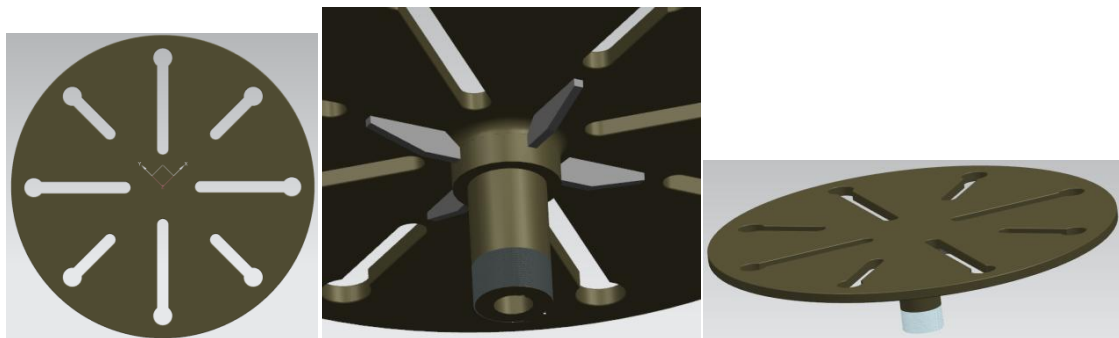


Figura 3. 15. Disseny definitiu del plat de treball rotatori.

L'esglaó de l'eix anirà recolzat a la pista interior d'un rodament de doble fila de boles per permetre una rotació fluida. Aquest eix passarà per l'interior de dos rodaments, és per això que l'eix tindrà una tolerància  $\varnothing 80f7 \left( \begin{smallmatrix} -0,03 \\ -0,076 \end{smallmatrix} \right)$ , ja que la pista interior dels rodaments tenen una tolerància  $\varnothing 80G6 \left( \begin{smallmatrix} 0,039 \\ 0,02 \end{smallmatrix} \right)$ . L'ajust dels dos elements genera un joc màxim de 0,155mm, i un de mínim de 0,05mm.

El material amb el qual es fabricarà serà l'acer *S355JR* o *St52.3*, és un tipus d'acer estructural ideal per a peces que hagin de ser resistents, i al mateix siguin soldables y mecanitzades. (*annex IV*)

Un cop definit el disseny del plat i el material, cal fer un estudi de tensions i deformacions per assegurar el correcte comportament del plat i poder verificar el gruix d'aquest. Com que la màquina permet la incorporació del plat, s'estudien les dos posicions més crítiques: un amb el plat horitzontal i un altre en vertical (*annex I*).

A la *figura 3.16*. s'observa que la posició més sol·licitada és la vertical amb una tensió màxima de Von Mises de 44,9MPa, respecte a 43,5MPa de la posició horitzontal. Cap de les dues supera la tensió admissible de 355MPa del material, per tant el disseny es correcte perquè l'element suporti els esforços aplicats.

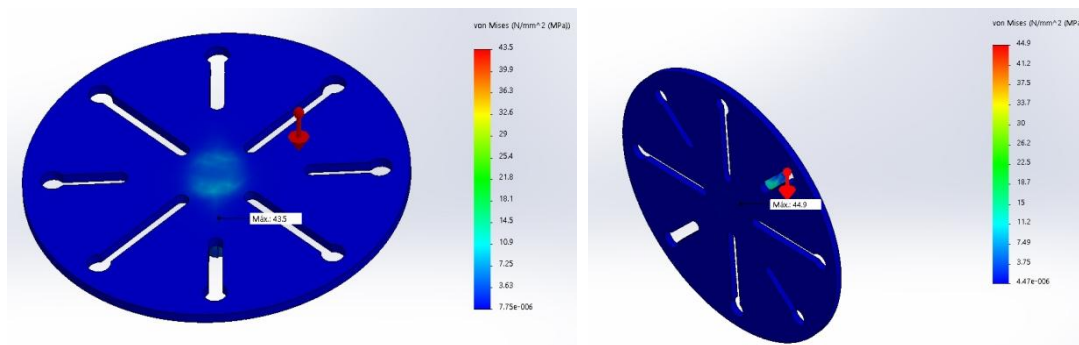


Figura 3. 16. A l'esquerra representació de tensions en posició horitzontal, a la dreta en vertical.

S'observa que les deformacions són molt reduïdes, cap d'elles sense superar els 4mm. Com que l'estudi s'ha fet en un cas límit, el qual la màquina treballarà en poques situacions, per tant serà poc usual arribar a aquestes deformacions, podem verificar que la deformació és correcta (figura 3.17.).

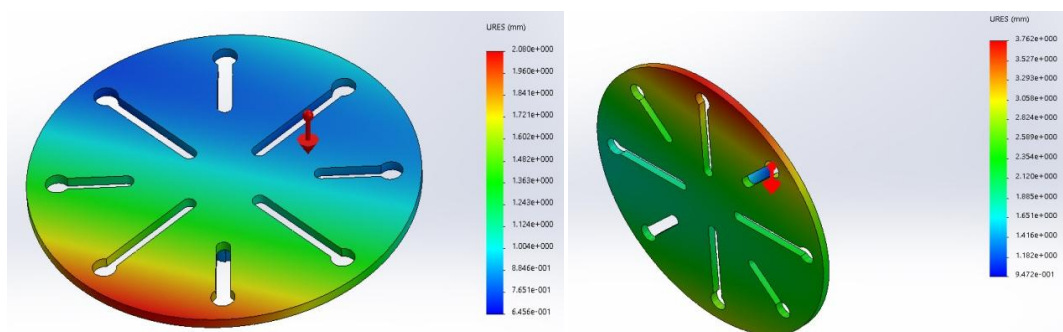


Figura 3. 17. A l'esquerra representació de deformacions en posició horitzontal, a la dreta en vertical.

### 3.3.1.1. Volandera MB i femella KM.

Per poder fixar el plat en qualsevol de les posicions de treball, s'ha escollit dos elements complementaris als rodaments: una volandera *MB* i una femella *KM* [14]. Segons el diàmetre i la càrrega que s'ha d'aplicar, s'escull la que més s'adeqüi al nostre cas:

- Volandera *MB16*: situada a la part roscada del plat de treball, és una volandera que disposa d'una pestanya que encaixa a la ranura de l'eix per bloquejar el gir. Serveix per fixar la femella, en aquest cas, la *KM16* que expliquem a continuació. Les característiques de la volandera *MB16*, són les esmentades a la figura 3.18.



Figura 3. 18. A l'esquerra les característiques físiques i mecàniques de la volandera *MB16* [14], a la dreta el disseny.

- Femella *KM16*: situada per sota de la volandera *MB16*, al final de l'eix roscat del plat de treball. Aquestes femelles estan fabricades d'acer y la resistència a la tracció d'aquestes és, com a mínim, de  $350\text{N/mm}^2$ . Les característiques físiques i mecàniques de la femella, mostrades a la *figura 3.19.*, ens poden condicionar el disseny, en aquest cas podem veure que no ens afectarà al de la brida, ja que el forat que l'envolta té un diàmetre de 140mm. i l'extrem de l'eix del plat de treball on s'ubica la femella està format per un M80x2.



Figura 3. 19. A l'esquerra les característiques físiques i mecàniques de la femella *KM16* [14], a la dreta el disseny.

Com es comprova, aquesta femella suportarà tots els esforços axials que es puguin generar, ja que la càrrega màxima que hagi de suportar axialment és de 16000N, que és inferior als 190.000N que pot arribar a suportar.

### 3.3.2. TAULA DE SUPORT DEL PLAT.

Per que el plat realitzi una rotació correcte, es necessita un conjunt d'elements que minimitzin els esforços resistents. En aquest cas, s'ha dissenyat una sèrie d'elements que suportaran tot el pes del plat i la peça de treball, i permetran la rotació i la fixació del plat a la taula per tal de que no hi hagi desplaçament lineal.

Els components que permetran aconseguir totes aquestes finalitats esmentades són els següents:

#### 3.3.2.1. Rodaments.

Els dos rodaments situats a l'eix del plat, per una banda reduiran la fricció en el moviment de rotació i per altra el centratge del plat per un correcte funcionament concèntric.

A la part superior es col·loca un rodament que suporti esforços axials i radials, i a la part inferior un que suporti gran esforç radial i axial en menys quantitat. Per determinar quins rodaments es fan servir, s'utilitza el quadre el "*Cuadro sinóptico: Tipos de rodamientos y sus características*" que engloba les pàgines 20 a la 23 del catàleg "*WL 41 520/3 SB*" de la marca *FAG* [15]:

- El rodament escollit per suportar esforços axials i radials situat a la part superior de la brida és un rodament de boles de contacte angular de doble filera, amb denominació *FAG.3216.2ZR.TVH.* (*figura 3.20.*).



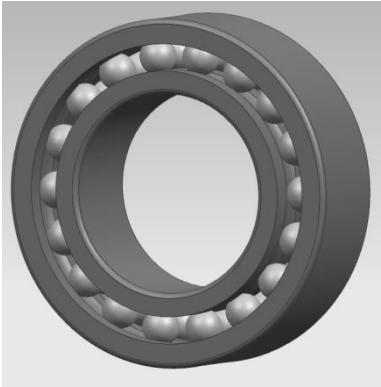


Figura 3. 20. Representació 3D del rodament FAG.3216.2ZR.TVH.

Aquest és un rodament dissenyat per a suportar els esforços i realitzar les funcions que es necessiten correctament (figura 3.21.).




















Aptitud		Características:									
 muy buena	 limitada	Carga radial	Carga axial en ambas direcciones	Compensación longitudinal en el rodamiento	Compensación longitudinal con ajuste deslizante		Rodamientos desplazables	Compensación de desalineaciones	Elevada precisión	Aptitud para elevadas velocidades	Funcionamiento silencioso
 buena	 no adecuada / no aplicable										
 normal / aceptable											
Tipo de rodamiento											
Rodamientos de bolas de contacto angular, de doble hilera											
											
											

Figura 3. 21. Característiques rodament FAG.3216.2ZR.TVH.[15].

Pot suportar fins a una càrrega de 93kN (figura 3.22.). En aquest cas només haurà de suportar l'esforç dels 1500kg de la peça i els 76,27kg del plat de treball en una posició centrada, que en total són 15,46kN. Es pot assegurar que el rodament suportarà els esforços aplicats.

Rodamientos FAG de bolas de contacto angular de doble hilera

Eje	Dimensiones								Peso		Capacidad de carga		Velocidad límite	Velocidad de referencia	Denominación abreviada Rodamiento FAG
	d	D	B	r <sub>s</sub> min	a	H	H <sub>1</sub>	J	kg	mm	dyn. C	stat. C <sub>0</sub>			
70	70	125	39,7	1,5	62	106,3		87	1,8		83	76,5	4500	6300	3214B.TVH
	70	150	63,5	2,1	109	131,9		98,5	5,03		143	166	4000	4800	3314
	70	150	63,5	2,1	141	132,4		103,4	5,36		163	156	4000	4800	3314DA
75	75	130	41,3	1,5	65	112,6		92,4	1,91		91,5	85	4300	6000	3215B.TVH
	75	160	68,3	2,1	117	141,2		105,5	6,4		163	193	3800	4300	3315
80	80	140	44,4	2	69	120,3		98,5	2,45		98	93	4000	5600	3216B.TVH
	80	140	44,4	2	69	120,3	125,4	98,5	2,45		98	93	3000	5600	3216B.2ZR.TVH

Figura 3. 22. Característiques de disseny del rodament FAG.3216.2ZR.TVH. [15].

- El rodament situat a la part inferior escollit per suportar, majorment, els esforços radials és un rodament de rodets cilíndrics, amb denominació FAG.20216T.[15].

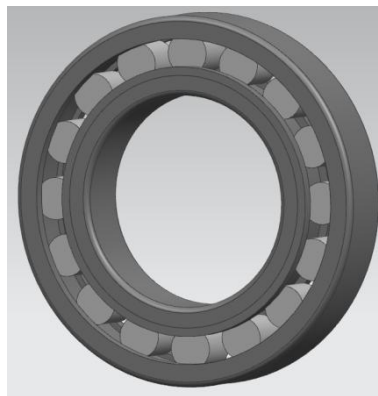


Figura 3. 23. Representació 3D del rodament FAG.20216T.

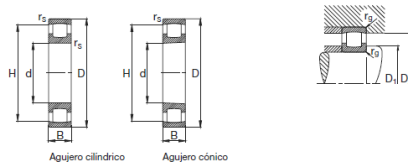
És un rodament dissenyat per a suportar els esforços i realitzar les funcions que es necessiten correctament (figura 3.24.).

<div><div><div></div><div>●</div><div>Aptitud muy buena</div></div><div><div></div><div>◐</div><div>limitada</div></div><div><div></div><div>◑</div><div>buena</div></div><div><div></div><div>○</div><div>no adecuada / no aplicable</div></div><div><div></div><div>◒</div><div>normal / aceptable</div></div></div>		Características:												
Tipo de rodamiento		Carga radial	Carga axial en ambas direcciones	Compensación longitudinal en el rodamiento	Compensación longitudinal con ajuste deslizante		Rodamientos desmontables	Compensación de desalineaciones	Elevada precisión	Aptitud para elevadas velocidades	Funcionamiento silencioso	Agujero cónico	Obstrucción a uno o ambos lados	Elevada rigidez
Rodamientos oscilantes de rodillos, de una hilera		●	◐	○	◐		○	●	○	◐	◑	●	○	◐

Figura 3. 24. Característiques rodament FAG.20216T.[15].

Aquest rodament ha estat dissenyat per a suportar 163kN (figura 3.25.). En aquest cas només haurà de suportar l'esforç que generarà el moment de la peça en posició vertical, o davant qualsevol petita excentricitat que hi hagi.

Rodamientos FAG oscilantes de una hilera de rodillos  
 con agujero cilíndrico y cónico



Los rodamientos pueden ser de vida limitada, si  $C_{10}/P_{10} \geq 1$

Eje	Dimensiones					Peso ~ kg	Capacidad de carga		Velocidad límite min <sup>-1</sup>	Denominación abreviada Rodamiento FAG	Medidas auxiliares		
	d mm	D mm	B mm	r <sub>s</sub> min	H mm		din. C	estát. C <sub>0</sub>			D <sub>1</sub> mm	D <sub>2</sub> mm	r <sub>s</sub> max
65	85	120	23	1,5	105,1	1,08	95	116	3000	20213T	74	111	1,5
	85	120	23	1,5	105,1	1,06	95	116	3000	20213KT.C3	74	111	1,5
	85	140	33	2,1	105,1	2,18	170	196	2800	20213MB	77	128	2,1
	85	140	33	2,1	105,1	2,14	170	196	2800	20213K.MB.C3	77	128	2,1
	70	125	24	1,5	111	1,17	106	134	2800	20214T	79	116	1,5
	70	150	35	2,1	128,7	3,15	183	216	2600	20214MB	82	138	2,1
75	75	130	25	1,5	115,9	1,28	112	143	2800	20215T	84	121	1,5
	75	130	25	1,5	115,9	1,25	112	143	2800	20215KT.C3	84	121	1,5
	75	160	37	2,1	138,1	3,76	216	255	2200	20215MB	87	148	2,1
	80	140	36	2	124,5	1,66	125	163	2600	20216T	81	129	2
	80	140	36	2	124,5	1,66	125	163	2600	20216KT.C3	81	129	2

Figura 3. 25. Característiques de disseny del rodament FAG.20216T.[15].

Les pistes dels rodaments, estaran fixades per un casquet d'acer, pel propi eix i per la brida. L'eix va recolzat a la pista interior del rodament de boles.

### 3.3.2.2. Casquet per fixar pistes dels rodaments.

El següent component és un casquet que servirà per fixar les pistes interiors dels rodaments de l'apartat 3.3.2.1. Està situat a l'eix, en contacte amb rodaments i amb l'eix. (figura 3.26.)



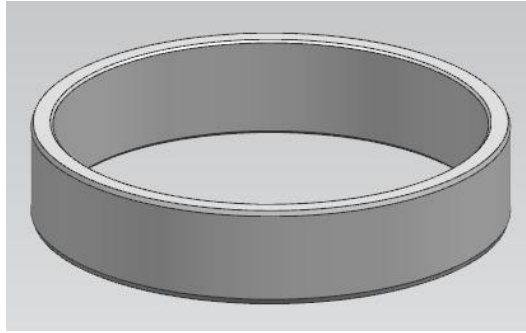


Figura 3. 26. Casquet d'acer per a la fixació de la pista interior dels rodaments.

El gruix de la peça està dissenyat en funció del gruix mínim que es necessita per a una correcta fixació de les pistes [15,16]. Per a la seva fabricació s'utilitzarà tub d'acer S355JR, ja que és un material que per les seves propietats servirà per les utilitats que es necessiten (*annex IV*).

Com s'ha comentat, aquest casquet anirà muntat sobre l'eix del plat de treball. El diàmetre interior del casquet està dissenyat amb una tolerància  $\varnothing 80H7\left(\begin{smallmatrix} 0 \\ -0,03 \end{smallmatrix}\right)$ , la tolerància de l'eix es de  $\varnothing 80f7\left(\begin{smallmatrix} -0,03 \\ -0,076 \end{smallmatrix}\right)$ . L'ajust dels dos elements genera un joc màxim de 0,076mm, i un de mínim de 0mm., ja que el casquet ha d'anar clavats a l'eix del plat.

#### 3.3.2.3. Brida fixació.

Aquest component serà l'encarregat de posicionar correctament els elements que faran possible el centratge, la rotació i la fixació del plat.

Estarà formada per una peça cilíndrica central, on anirà soldat un disc que farà de límit amb la taula i permetrà la fixació a aquesta a través d'una unió cargolada, i posteriorment s'afegeixen 4 cartelles, distribuïdes a 90° entre elles per reforçar les parets del cilindre mitjançant soldadura. El material que s'utilitzarà per a la seva fabricació serà l'acer S355JR. (*annex IV*).

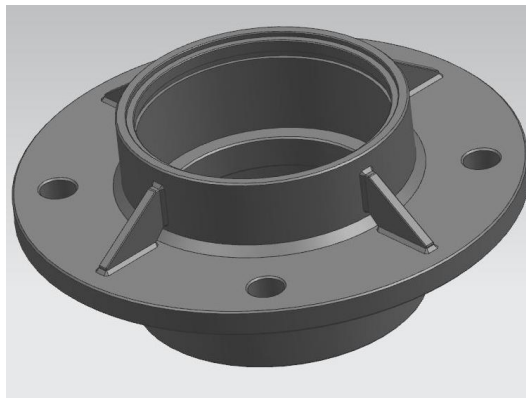


Figura 3. 27. Disseny final de la brida sense components.

Per una banda, a la part interior del cilindre s'identifica un esglaó situat a la meitat d'aquest, on aniran recolzades les pistes exteriors dels rodaments. Per altra banda, es troben dues ranures als extrems, que és on aniran situades les dos anelles Seeger [17] per impedir que els rodaments llisquin a través de la brida. També podem trobar dos esglaons als extrems on aniran situades dos tapetes de niló, per protegir els elements interiors (*figura 3.28.*).

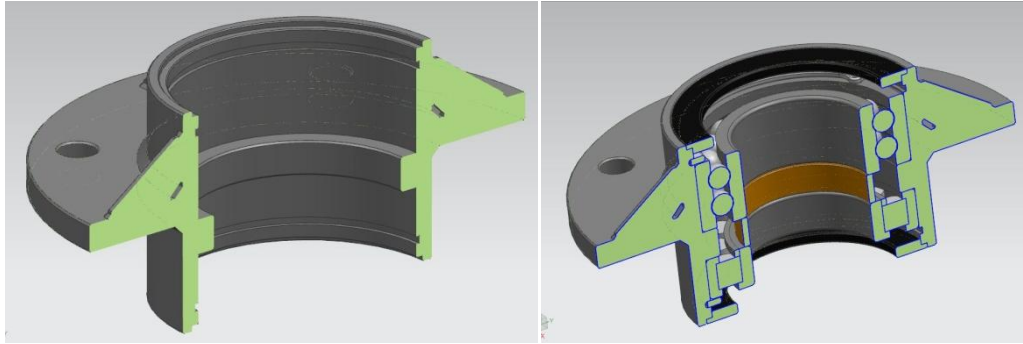


Figura 3. 28. A la esquerra, la secció del disseny final de la brida sense components i a la dreta, amb els components interiors ubicats.

A l'interior es situen els rodaments, els quals tenen un diàmetre exterior amb una tolerància dimensional de  $\varnothing 140g6 \left( \begin{smallmatrix} -0,012 \\ -0,034 \end{smallmatrix} \right)$ , el diàmetre interior de la brida que està en contacte amb aquests té una tolerància de  $\varnothing 140H5 \left( \begin{smallmatrix} 0,015 \\ 0 \end{smallmatrix} \right)$ . Aquest dos elements estan dissenyats amb un ajust amb joc màxim de 0,049mm., i un mínim de 0,012mm.

#### 3.3.2.4. Volanderes Seegers.

Per fixar les pistes exteriors dels rodaments, per un costat ho fem amb l'esglaó de la brida, i per l'altre ho realitzarem amb anelles Seegers.

Per tal d'escollir les adients, hem consultat el catàleg del proveïdor *Otia* [17]. Els requisits que marquen l'elecció de la volandera són:

- Forat o eix: en el aquest cas es busca una anella per un forat.
- Diàmetre: el diàmetre és de 144mm.

Amb aquestes dues dades, s'escull una volandera *DIN472*, amb les següents característiques:

- Diàmetre nominal 140mm.
- Gruix: 4mm.
- Esforços axials  $\leq 22300\text{kg}$ .

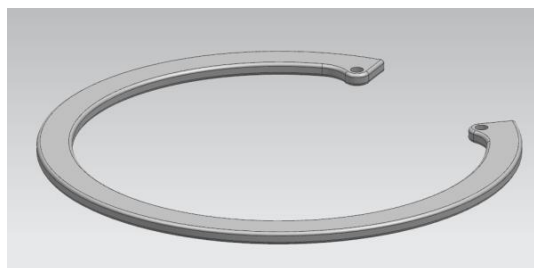


Figura 3. 29. Disseny 3D de la volandera Seeger per a la fixació de la pista exterior dels rodaments.

S'ha de tenir en compte els requeriments que especifica la volandera per adaptar el disseny de la brida. Coma conseqüència s'ha allargat la brida el valor del gruix necessari de l'extrem fins a la volandera.

#### 3.3.2.5. Taula.

La taula és l'estructura on anirà fixada la brida. També serà l'element que farà d'enllaç entre el plat i els braços de la bancada.

El seu disseny està condicionat per la brida i el diàmetre del plat de treball rotatori. Aquest últim marcarà les dimensions perimetrals, ja que s'ha tingut en compte que la taula no sobresurti del diàmetre del plat per tal de facilitar l'espai de treball de l'operari.

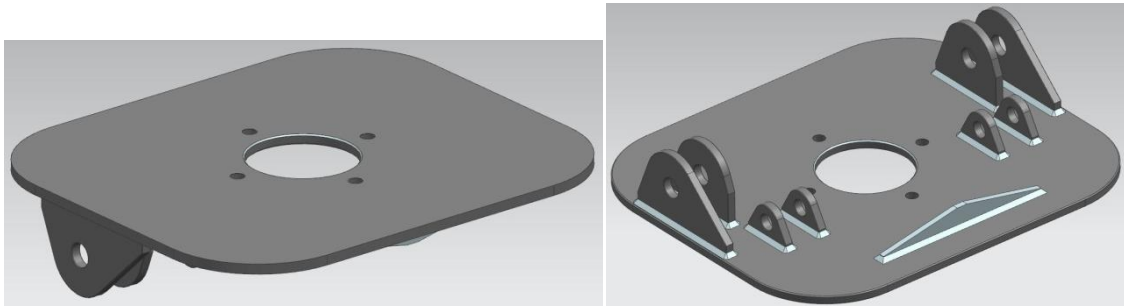


Figura 3. 30. Vistes del disseny final de la taula.

El material que s'ha escollit per a la seva fabricació és l'acer *S355JR* (*annex IV*). Aquest element està format per una planxa, on hi van soldades les orelles que faran unió amb els braços i els pistons. També hi ha una cartela soldada per reforçar la zona interior, ja que és una de les més crítiques a les deformacions.

El trepat de les orelles que s'uneixen amb el pistó, està dimensionat amb una tolerància de  $\varnothing 28H7(^{0,021}_0)$ , i la del casquet que es munta a les orelles  $\varnothing 28f5(^{-0,020}_{-0,029})$ . Aquest dos elements estan muntats amb un ajust amb joc màxim de 0,05mm., i un mínim de 0,02mm. El trepat de les orelles que s'uneixen amb el suport-braços tenen una tolerància de  $\varnothing 35H7(^{0,025}_0)$ , i la del casquet que es munta a les orelles  $\varnothing 35f5(^{-0,025}_{-0,036})$ . Entre ells hi ha una ajust amb joc màxim de 0,061mm., i un mínim de 0,025mm. Tant un com l'altre, facilitaran el muntatge a pressió.

En aquest cas s'ha cregut convenient realitzar la simulació de tensions i deformacions (*annex I*) conjunt amb la brida i el suport del motor, ja que són 3 elements que van units amb una unió cargolada. Els resultats de tensions del conjunt no supera, en cap de les posicions estudiades, el límit elàstic del material de 275MPa (*figura 3.31.*). En posició horitzontal la tensió màxima és de 33,5MPa, i en posició vertical és de 128MPa.

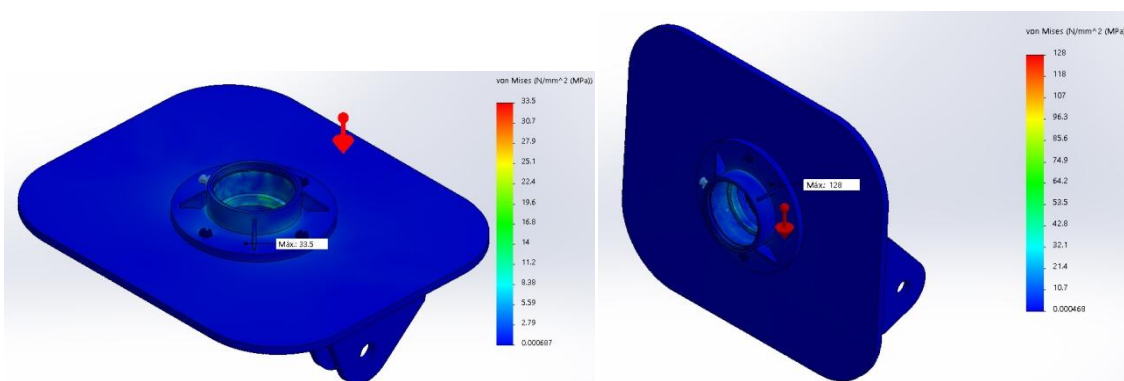


Figura 3. 31. Estudi de tensions de la taula. A l'esquerra en posició horitzontal, a la dreta vertical.

Referent a les deformacions, es pot observar que el punt amb màxima deformació es diferent depenent de la posició. El valor màxim de deformació és a la posició vertical

amb un valor de 2.88mm. Aquest valor es considera correcte, ja que no es una deformació elevada.

#### 3.3.2.6. Casquets fricció orelles.

A les orelles de la taula, on van units els braços de bancada i els pistons hidràulics, es genera fricció entre els elements, per aquest motiu s'ha col·locat un casquet de bronze que disminueix la fricció i evita el desgast dels elements principals [16]. Es fabricarà d'aquest material, ja que el bronze té unes propietats mecàniques superiors a la del acer, aptes per aquest tipus d'ús. (figura 3.32.)

Per al correcte funcionament, i com a conseqüència de les dimensions, s'ha dissenyat dos tipus de casquets diferents: un per l'enllaç amb els pistons, i l'altre amb el del suport dels braços.

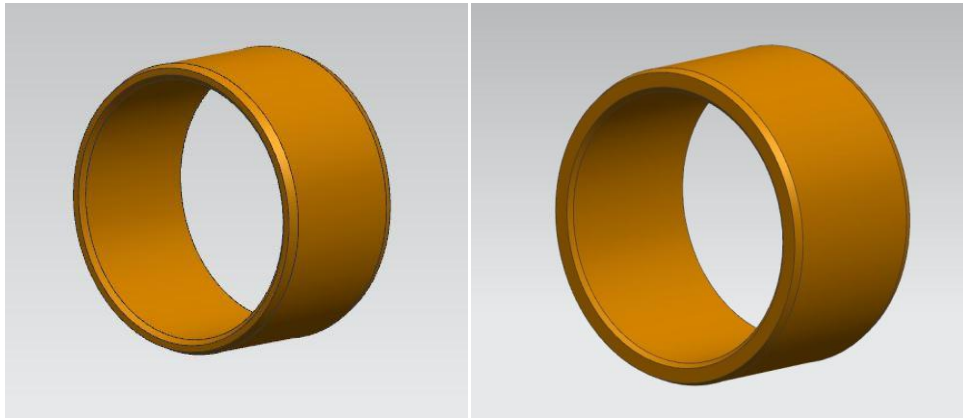


Figura 3. 32. Casquets de bronze de les orelles de la taula.

Els casquets de les orelles que fan d'enllaç amb els braços, a més tindran la funció de fer contacte per fixar els rodaments que hi ha. Aquests han estat dimensionats amb un diàmetre interior amb una tolerància H7 i l'exterior amb f5. L'ajust de la part exterior està explicada a l'apartat 3.3.2.5. En relació a l'eix que passarà a través dels casquets, s'ha dimensionat amb les toleràncies corresponents:

- Casquet 2515 de les orelles en contacte amb el pistó: l'eix té una mesura de  $\varnothing 25g6 \left( \begin{smallmatrix} -0,007 \\ -0,02 \end{smallmatrix} \right)$ , i el diàmetre interior del casquet  $\varnothing 25H7 \left( \begin{smallmatrix} 0,021 \\ 0 \end{smallmatrix} \right)$ . L'ajust entre els dos elements té un joc màxim de 0,041mm., i un de mínim de 0,007mm.
- Casquet 3020 de les orelles en contacte amb el suport-braços: l'eix d'incorporació té una mesura de  $\varnothing 30h6 \left( \begin{smallmatrix} 0 \\ -0,009 \end{smallmatrix} \right)$ , i el diàmetre interior del casquet  $\varnothing 30H7 \left( \begin{smallmatrix} 0,021 \\ 0 \end{smallmatrix} \right)$ . L'ajust realitat per aquests dos elements, té un joc màxim de 0,03mm., i un de mínim de 0,00mm.

#### 3.3.2.7. Elements de fixació.

Com s'ha pogut veure, la brida i la taula són elements independents que s'han d'unir. En aquest cas, s'ha escollit que aquesta unió es faci mitjançant una unió cargolada per així facilitar el seu muntatge i la seva extracció en cas de necessitat de canviar algun dels elements interns [18]. Amb la mateixa unió, s'ha volgut unir la brida i el suport del motor a la taula (figura 3.33.).

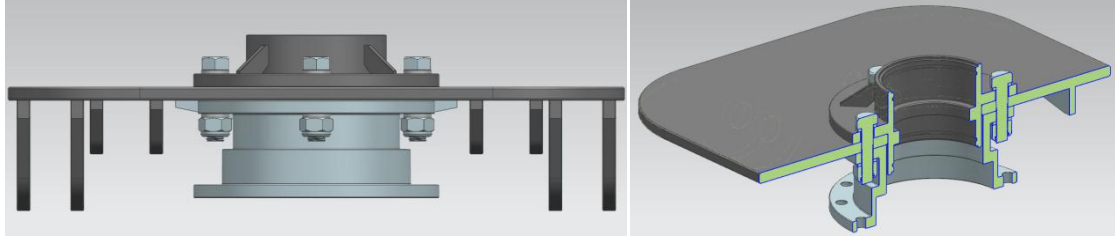


Figura 3. 33. Disseny del conjunt de la brida, la taula i el suport motor, amb la unió cargolada.

Per tal d'afavorir el correcte funcionament de la unió, s'ha fet el càlcul dels cargols (*annex III*), per que suporti els esforços amb 4 cargols M20x2.5 de classe 8.8. [36].

Aquest tipus de cargols estan dimensionats per a suportar un moment de muntatge de 410.000Nmm, com que el moment que cal prescriure per tal de fer la collada amb seguretat és el 90% d'aquest valor, el valor del moment de muntatge màxim serà:

$$M'_{muntatge} = 0,9 \cdot M_{muntatge_{màx.}}$$

Per tant, si el moment de muntatge s'aproxima a:

$$M'_{muntatge} = 0,2 \cdot F_{muntatge} \cdot d_{nominal}$$

Com que s'ha obtingut el moment màxim de muntatge, es pot dir que la força de muntatge màxima que es pot fer és:

$$F_{muntatge_{màx.}} = \frac{M'_{muntatge}}{0,2 \cdot d_{nominal}}$$

A més a més, es manifesta una força separadora entre els elements i els cargols. Quan la màquina estigui treballant en posició vertical, es dona una força separadora superior, la qual una part l'absorberan els cargols i una altra els elements:

$$F_{separadora_{cargol}} = \frac{K_c}{K_c + K_p} \cdot F_{separadora}$$

Per tant, la força total que rebrà el cargol és:

$$F_{total_{cargol}} = F_{muntatge} + F_{separadora_{cargol}}$$

Un cop s'obté la força total a la que treballarà el cargol, es calcula la secció resistent, per saber quin serà el diàmetre nominal mínim que es necessitarà per fer la unió cargolada:

$$A_T = \frac{F_{total_{cargol}}}{\sigma_{proporcionalitat_{cargol}}}$$

En el nostre cas, amb aquesta secció mínima i segons la *taula* 3.2., el diàmetre nominal mínim requerit és 16mm, per tant 4 cargols M16x2.

Taula 3. 2. Característiques de les rosques normalitzades segons ISO.

Diàmetre nominal $d$	Pas $P$	Diàmetre de flancs $d_f$	Diàmetre de nucli $d_3$	Secció de nucli $A_3$	Secció resistent $A_T$
Rosca normal					
3	0,5	2,675	2,387	4,47	5,03
(3,5)	0,6	3,110	2,764	6,00	6,78
4	0,7	3,545	3,141	7,75	8,78
(4,5)	0,75	4,013	3,580	10,1	11,3
5	0,8	4,480	4,019	12,7	14,2
6	1	5,350	4,773	17,9	20,1
(7)	1	6,350	5,773	26,2	28,9
8	1,25	7,188	6,466	32,8	36,6
10	1,5	9,026	8,160	52,3	58,0
12	1,75	10,863	9,853	76,2	84,3
(14)	2	12,701	11,546	105	115
16	2	14,701	13,546	144	157
(18)	2,5	16,376	14,933	175	192
20	2,5	18,376	16,933	225	245
(22)	2,5	20,376	18,933	282	303
24	3	22,051	20,319	324	353
(27)	3	25,051	23,319	427	459
30	3,5	27,727	25,706	519	561
(33)	3,5	30,727	28,706	647	694
36	4	33,403	31,093	759	817
39	4	36,402	34,093	912	976

Per tant, si s'ha escollit un M20x2.5, la unió cargolada està dissenyada amb un coeficient de seguretat de 1,28.

Un cop s'ha definit que estarà unida per 4 cargols *DIN912\_M20x2.5*, es pot definir les dos volanderes que permetran una bona fixació (*figura 3.34.*). Les adients pel muntatge són unes *DIN1440\_20x4mm*. [18]. Per cada cargol es col·loca una a cada extrem en contacte amb els elements, per tant, s'utilitzaran 8 volanderes en total. La femella que realitzarà la força per fixar els elements és una *DIN985\_M20x2.5*, la característica principal d'aquesta és que té una anella de nylon que evita el retrocés per les vibracions. En total en col·locarem 4, una per cada cargol [18].

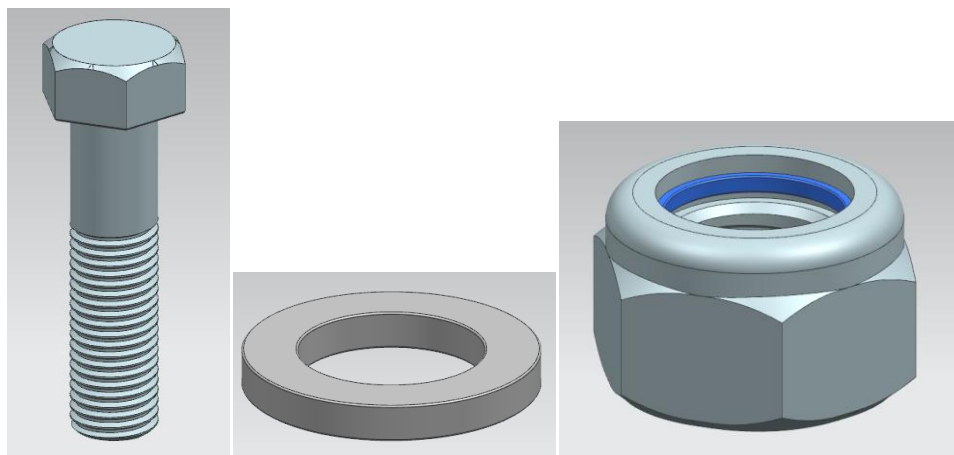


Figura 3. 34. D'esquerra a dreta: cargol DIN912, volandera DIN1440 i femella DIN985.

### 3.3.2.8. Elements de protecció.

Per a la protecció dels elements interiors de la brida, s'ha dissenyat dues tapes per evitar que entri qualsevol brossa que pugui malmetre algun dels elements. Aquestes



tapetes estan mecanitzades i fabricades de nylon, i amb unes toleràncies dimensionals perquè encaixi a pressió amb la brida (figura 3.35.).

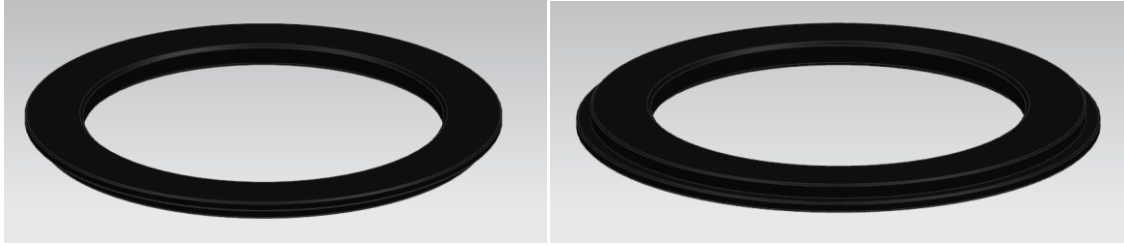


Figura 3. 35. A l'esquerra la tapa superior, a la dreta la inferior.

### 3.3.3. ELEMENTS PEL MOVIMENT DE ROTACIÓ DEL PLAT.

Per què el plat pugui realitzar el moviment de rotació es requereix d'un element que aportï la potència deguda per generar el moviment necessari. En aquest apartat s'ha tingut en compte els requisits esmentats a l'apartat 3.1., per tal de fer el càlcul del motor.

Com que la taula i, en conseqüència, el plat poden treballar en diferents posicions s'ha estudiat diferents casos on les càrregues varien segons aquests. També hem tingut en compte la permissibilitat de que hi hagi una excentricitat en la col·locació de la peça respecte l'eix central del plat de 200mm. Amb aquesta consideració, es valora que, les peces de treball puguin generar moments respecte l'eix central del plat.

Per la realització del càlcul de la potència que hauria d'arribar a l'eix, primerament s'ha resolt el problema d'inèrcies segons el cas a estudiar, mitjançant el *teorema dels eixos paral·lels d'Steiner* pels casos amb excentricitat [37]:

$$I_{z,p} = I_{z,g} + m \cdot r^2$$

On el moment d'inèrcia respecte al centre de gir de la peça ( $I_{z,g}$ ) en casos de cilindres sòlids és:

$$I_{z,g} = \frac{1}{2} m \cdot R^2$$

Seguidament i per saber quin és el moment que s'hauria d'aplicar a l'eix, s'ha tingut en compte la velocitat angular de rotació requerida pel client, i s'ha establert que hauria de poder arribar a aquesta velocitat màxima en un temps de 2 segons.

$$w_{inicial} = 0 \text{ rad/s}, w_{final} = 1,2 \text{ rad/s}, \text{per tant} \rightarrow \Delta w = w_{final} - w_{inicial}$$

Definint aquest període de temps, s'ha realitzat el càlcul de l'acceleració màxima angular del plat i l'acceleració lineal de la peça:

$$\varepsilon_{plat} = \frac{\Delta w}{\Delta t}, \quad a_{peça} = \frac{\varepsilon_{plat}}{r}$$

Amb la inèrcia i l'acceleració definides, s'ha pogut calcular el moment requerit, i seguidament, la potència. En aquest càlcul es té en compte el moment que realitza la fricció dels rodaments [15] (annex III):

$$M_{I,plat} = (I_{z,P_{plat}} + I_{z,P_{peça}}) \cdot \varepsilon_{plat}$$

$$M_{I,peça} = m_{peça} \cdot a_{peça} \cdot r$$

$$M_{EIX} = M_{I,plat} + M_{I,peça} + M_{rodaments}$$

$$Pot_{eix} = M_{EIX} \cdot \omega_{final}$$

A l'*annex III*, es pot veure els diferents casos estudiats, on el que major potència necessita és quan la taula treballa en posició vertical i amb la peça descendent, és a dir, movent-se cap a la posició inferior del plat.

La potència màxima demandada pel conjunt del plat és de 3,67kW. Haurem de buscar un motor i un reductor que ens generin a l'extrem de l'eix del plat les següents característiques **[19]**:

- Potència<sub>eix</sub> ≥ 3,67kW
- Velocitat angular de rotació màxima = 1,2 rad/s
- Velocitat angular de rotació mínima = 0,1 rad/s
- Ja que es muntaran uns pistons hidràulics per realitzar la incorporació, que sigui una solució hidràulica per aprofitar components.
- Que pugui treballar en posició horitzontal i en vertical.

Per a l'elecció d'aquests elements, i com a conseqüència de no trobar solució als nostres requeriments, s'ha establert contacte amb la empresa *Tecnotrans Bonfiglioli* i amb el proveïdor *Activa Industrial*. Després de poder parlar amb ells, comuniquen que el catàleg no el tenen actualitzat, i que si tenen una solució a la configuració esmentada. Els equips són:

#### **3.3.3.1. Motor model MG\_050\_SD\_H\_11159036\_P010.**

El motor escollit per a realitzar el moviment rotacional del plat es de la sèrie 050 és el *MG\_050\_SD\_H\_11159036\_P010*. És un tipus de motor hidràulic, que permet la configuració amb el reductor de l'apartat 3.3.3.2. en perfectes condicions.

Aquest motor té una cilindrada de 500cc, i treballa a una pressió de 150bar. La velocitat de l'eix de sortida són 440rpm o 46.08rad/s. El seu pes oscil·la entre els 70kg i els 75kg. **[19]**.



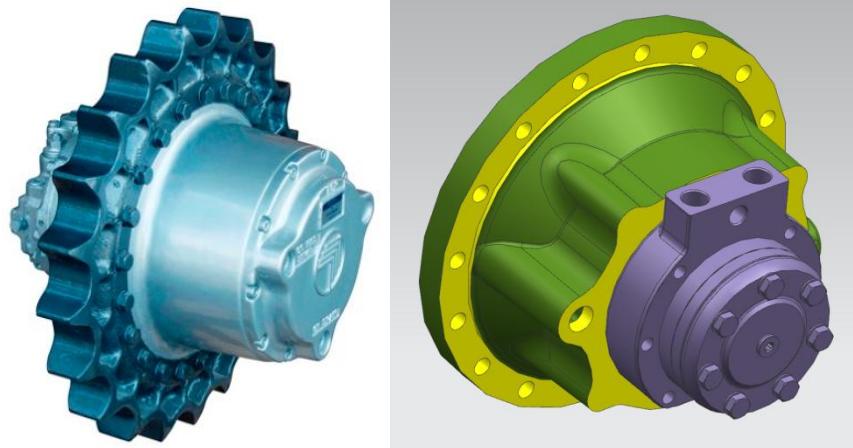


Figura 3. 36. A l'esquerra un motor de la sèrie 050, a la dreta el modelatge del motor *MG\_050\_SD\_H\_11159036\_P010*.

### ***3.3.3.2. Reductor model 306\_L2\_38.4\_HC\_T4AA\_O.***

El reductor escollit per a la reducció del motor és el *306\_L2\_38.4\_HC\_T4AA\_O* de la sèrie 300M de l'empresa *Bonfiglioli* [20]. Aquest és un reductor de tipus epicicloidial i, amb aquesta configuració, realitzarà una relació de reducció de 40, es a dir, la velocitat angular d'entrada és de 46,08 rad/s, i la de sortida és 1,15rad/s.

Segons el proveïdor de *Bonfiglioli* el parell de sortida del reductor és de 3,970Nm, una mica per sobre del valor e demandat. Com a conseqüència, la velocitat de sortida és de 1,15rad/s en comptes de 1,12rad/s.

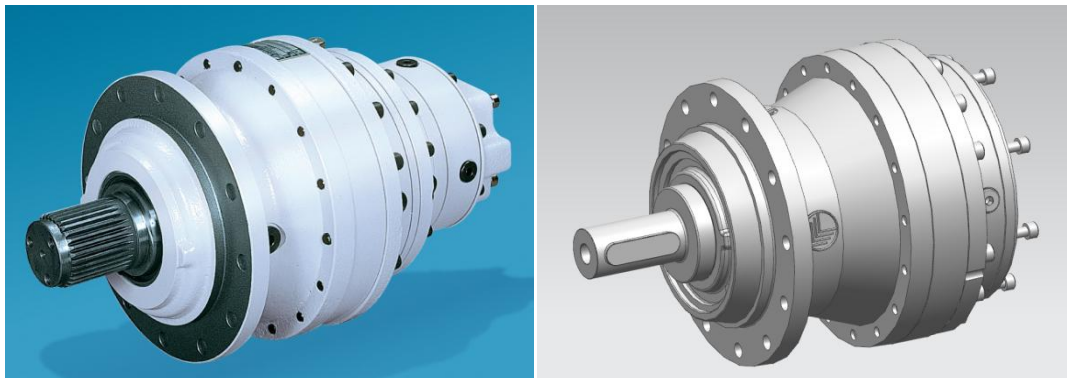


Figura 3. 37. Reductor i modelat de la sèrie 300M de l'empresa *Bonfiglioli 306\_L2\_38.4\_HC\_T4AA\_O*.

Com es pot observar a la *figura 3.37.*, la configuració de l'eix s'ha adaptat al plat amb un eix amb xaveta, i el tipus de suport s'ha escollit una brida circular perquè quedi totalment alineat amb l'eix del plat, i així afavorir a la simetria dels elements. El pes del reductor oscil·la entre els 175 i 180kg.

### ***3.3.3.3. Suport motor.***

Aquest element ha estat dissenyat per unir el motor a l'eix del plat aconseguint una fixació òptima i un centratge del conjunt motor i reductor. Es situarà per la part inferior de la taula (*figura 3.38.*).

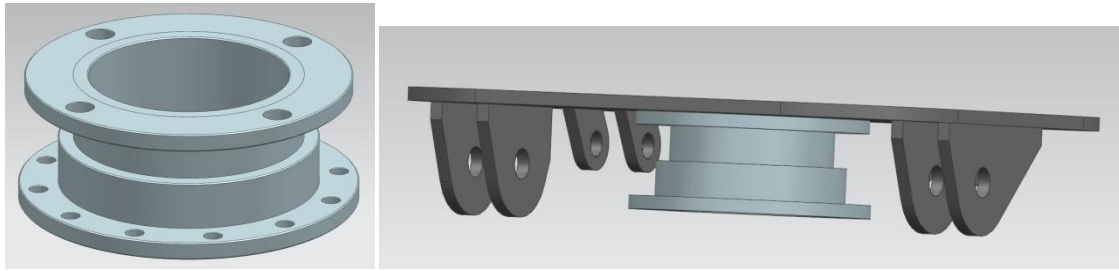


Figura 3. 38. A la dreta el suport del motor, a l'esquerra l'assemblatge amb la taula.

Estarà fabricada a partir de tub d'acer S355JR: la peça central d'un tub on es mecanitzarà l'esglaó central, i dos discos mecanitzats i soldats als extrems. Per la part superior anirà collat a la taula mitjançant una unió cargolada que ja s'ha estudiat anteriorment a l'apartat 3.3.2.7. A la part inferior anirà collat el grup del motor-reductor a partir d'una unió cargolada, però els trepants ja venen definits pel propi equip per tal de suportar els esforços.

L'estudi de tensions i deformacions s'ha generat conjuntament amb la taula i la brida. (annex I).

#### 3.3.4. BRAÇOS SUPORT A BANCADA.

El conjunt d'aquests elements ens farà d'enllaç entre tots els explicats anteriorment i la bancada. A més, és l'estructura més crítica del conjunt total, ja que és la que rebrà diferents esforços de la resta de components. A continuació es detallen els elements que conformen el conjunt:

##### 3.3.4.1. Suport-braços.

Aquesta peça, serà l'encarregada d'unir la taula amb la bancada, i permetrà traslladar el moviment d'elevació a aquesta. L'estructura està formada per 5 xapes de diferents espessors i formes per poder conformar una estructura resistent i sòlida, ja que està sotmesa a grans esforços (figura 3.39.) El material utilitzat per a la seva fabricació és l'acer S355JR.

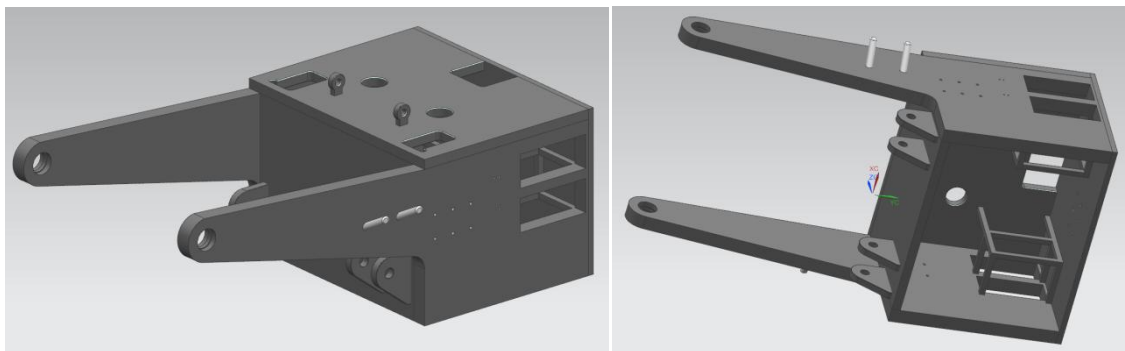


Figura 3. 39. Modelat final suport-braços.

L'estructura està constituïda per:

- Dos peces simètriques situades als laterals amb dos braços que sobresurten per enllaçar-se amb la taula tal i com es mostra a la figura 3.40. Interiorment aniran soldades unes estructures rígides que formen part de l'espai pels calaixos. A la part exterior hi han dos cilindres angulats, que serveixen per recolzar eines com la torxa o la esmoladora. A l'extrem dels braços, estan els forats i l'allotjament dels

eixos, casquets i rodaments que faran d'enllaç amb la taula. També hi trobarem 2 endolls per cada costat per poder utilitzar aquestes eines. Per acabar, a la part quadrada de l'estructura trobem 6 forats roscats per unir el sistema de guiat **[14]** que ens permetrà que el moviment lineal d'elevació de tota l'estructura s'efectuï correctament.

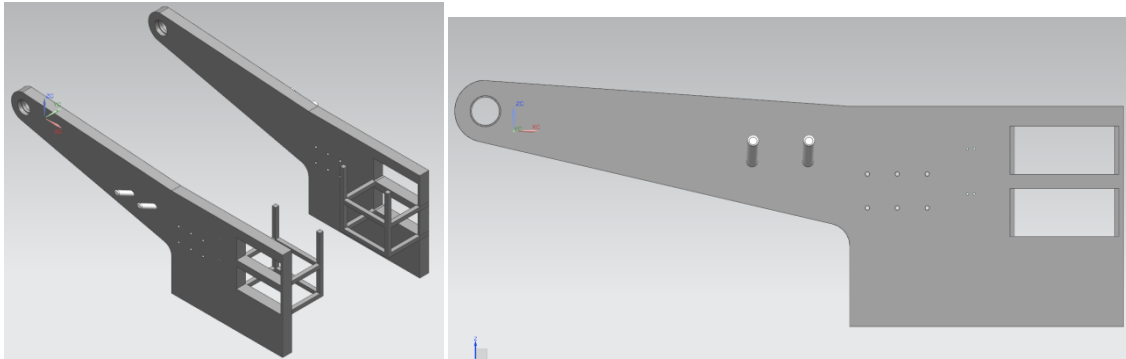


Figura 3. 40. Vistes de les peces laterals del suport-braços.

Al trepant de l'extrem dels braços, hi van acoblats dos rodaments i l'eix de rotació. El diàmetre que està en contacte amb la pista exterior dels rodaments ha estat dissenyat amb una tolerància dimensional de  $\varnothing 55H7\left(\begin{smallmatrix} 0,030 \\ 0 \end{smallmatrix}\right)$ , que amb la dels rodaments,  $\varnothing 55g6\left(\begin{smallmatrix} -0,010 \\ -0,029 \end{smallmatrix}\right)$ , generen un ajust amb joc màxim de 0,059mm., i un mínim de 0,01mm..

- Una xapa frontal on van soldades les orelles que suportaran el pistó i les seves càrregues. Les orelles tenen aquest disseny allargat per resistir millor els esforços en la direcció de treball del pistó (*figura 3.41.*)

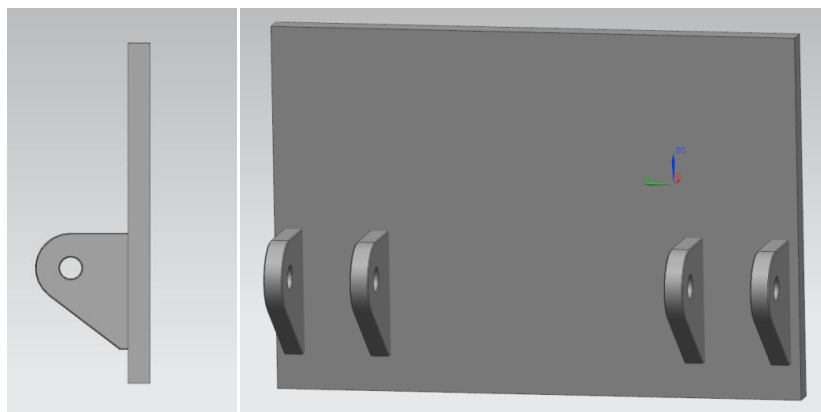


Figura 3. 41. Vistes de la xapa frontal del suport-braços.

- Una xapa posterior que ajudarà a protegir l'interior i a fixar la guia amb el sistema de guiat per que el moviment lineal d'elevació de tota l'estructura s'efectuï com s'espera (*figura 3.42.*)

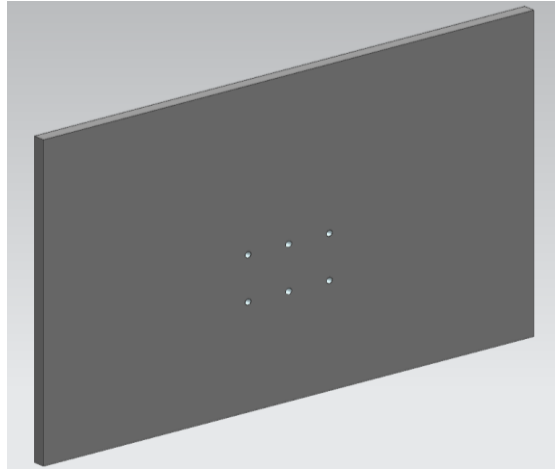


Figura 3. 42. Vista de la xapa posterior del suport-braços.

- Per últim una xapa superior, on van soldades les orelles que permetran fixar la estructura al cable tensor que efectuarà el moviment lineal d'elevació. A més hi ha unes ranures de forma rectangular per on passa el sistema de guiat, i unes altres rodones per on passa el cable tensor per enllaçar amb el motor (*figura 3.43.*).

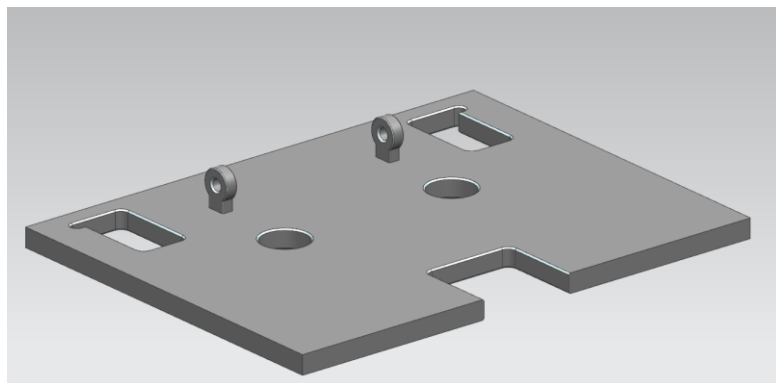


Figura 3. 43. Vista de la xapa superior del suport-braços.

Aquest element es pot definir com el cos de la màquina, ja que està situada al mig i es on s'uneixen la major part dels elements. Per aquest motiu s'ha realitzat un estudi de deformacions i tensions més acurat que altres peces de grans dimensions. (*annex I*).

La tensió màxima la trobem a la posició vertical, amb un valor de 320MPa (*figura 3.44.*), però s'observa un error del software, el qual ve definit per una tensió en una aresta d'una de les peces en contacte, en aquest cas s'ha identificat un casquet. Per tant aquest valor s'ha de subestimar, sempre i quan no hi hagin més punts. Es fa una cerca i no s'observen més zones carregades en excés.

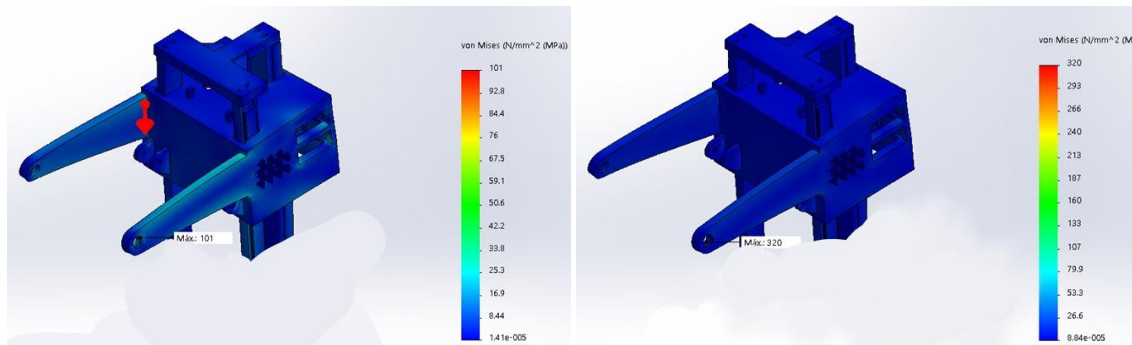


Figura 3. 44. Estudi de tensions del suport-braços. A l'esquerra en posició horitzontal, a la dreta en vertical.

En quant a la deformació s'observa a la *figura 3.45*. que cap de les dues posicions de treball límit, ens supera els 1,5mm de deformació. Aquest valor es considera correcte ja que es molt reduït i en una situació límit, la qual la taula no estarà sol·licitada gairebé mai.

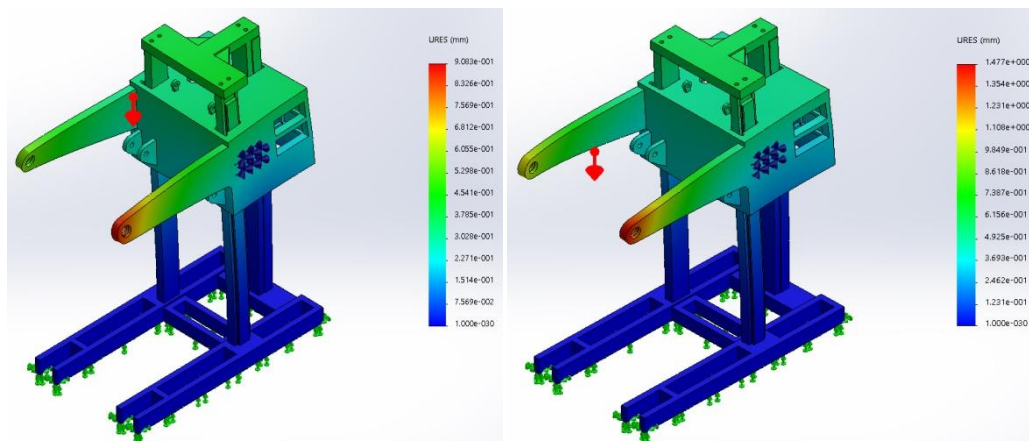


Figura 3. 45. Estudi de deformacions del suport-braços. A l'esquerra en posició horitzontal, a la dreta en vertical.

Els resultats de tensions i deformacions del suport del plat es correcte, i es pot assegurar que el disseny suportarà els esforços aplicats (*annex I*).

#### 3.3.4.2. Rodaments.

A l'extrem de l'estructura suport-braços, serà el centre de gir de la taula. En aquest punt s'ha volgut que el gir fos suau i precís. Es per això, que s'ha col·locat dos rodaments a cada braç: primerament per reduir la força de frec que existiria si tots els elements estiguessin en contacte, i perquè al col·locar dos s'aconsegueix un centratge de l'eix.

El rodament escollit per suportar grans càrregues radials, ha de ser de les dimensions permeses pel disseny de l'element "suport-braços". Posteriorment a la recerca s'ha utilitzat escollit un rodament de boles FAG6006.2.RS (*figura 3.46*.) [15].

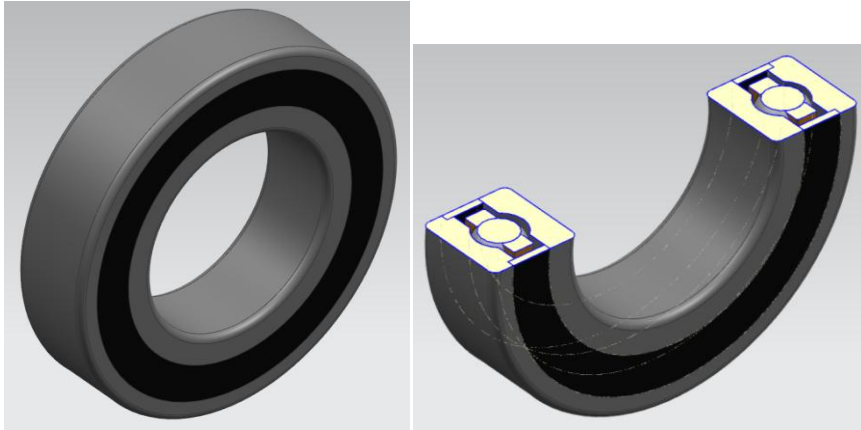


Figura 3. 46. Vistes del modelatge del rodament de boles FAG6006.2.RS.

Les pistes del rodament estaran fixades per l'esglaó a l'allotjament i per casquets de bronze (figura 3.47.).

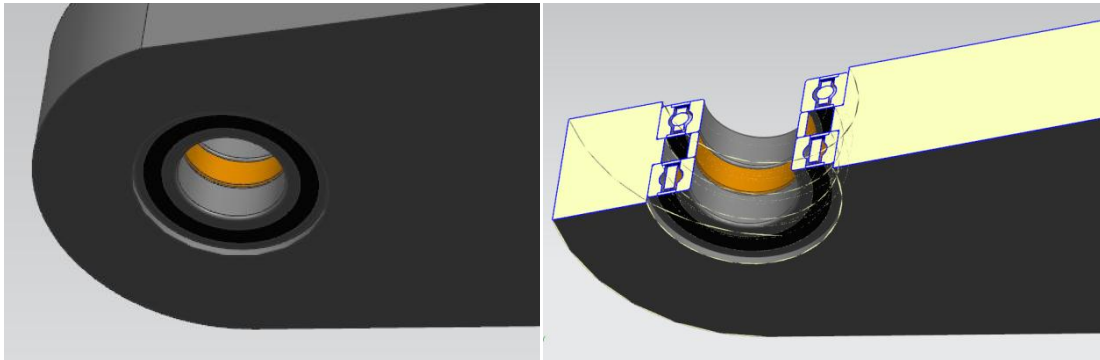


Figura 3. 47. Vistes de la col·locació dels rodaments FAG6006.2.RS al suport-braços.

#### ***3.3.4.3. Eix junta giratòria.***

Aquest eix servirà per unir les peces de la junta de gir de la taula, i ens permetrà el gir al seu voltant fent possible el moviment d'incorporació de la taula.

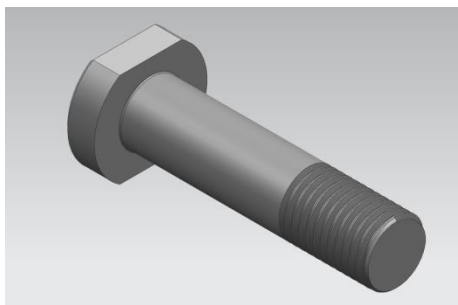


Figura 3. 48. Vista eix junta giratòria.

Estarà fabricat d'acer *F-125*. Aquest material té un límit elàstic i una resistència superiors a l'acer *S355JR*. (annex IV). Es dissenya amb rosca final, per poder muntar tots els elements que estan en contacte amb un estrenyiment adequat per assegurar-nos el contacte i la fixació entre ells.

Per veure a quins esforços està sol·licitat, s'ha realitzar un estudi de deformacions i tensions més acurat (annex I). A la posició de treball horitzontal la tensió màxima que s'observa és de 346MPa, inferior a la del material. A la posició de treball vertical, el



valor d'aquesta és de 725MPa, superior al límit elàstic de la peça. El cas s'ha esmentat a l'apartat 3.2.3.1. Durant la realització de l'estudi es localitza una errada del software. Aquest mostra una tensió molt més elevada com a conseqüència de que hi ha un element en contacte amb una aresta en cantonada. Per demostrar-ho es fa un estudi amb tots els petits components que estan en contacte (8.CONJNT EIX JUNTA GIRATÒRIA-F. Vertical a l'annex I).

Tota la part de la tija que no està roscada i que està en contacte amb els rodaments i el casquet, ha estat dissenyada amb una tolerància dimensional de  $\varnothing 30h5 \left( \begin{smallmatrix} 0 \\ -0,009 \end{smallmatrix} \right)$ . La tolerància que generarà un ajust més petit serà la del casquet per fixar les pistes dels rodaments, aquest s'ha dissenyat amb una tolerància de  $\varnothing 30H7 \left( \begin{smallmatrix} 0 \\ -0,009 \end{smallmatrix} \right)$ . Aquest ajust genera un joc màxim de 0,03mm. i un mínim de 0mm. Aquest tipus d'ajust és l'adient per la configuració que es necessita en aquest punt.

#### 3.3.4.4. Casquets.

El següent component és un casquet que servirà per fixar les pistes interiors dels rodaments de la junta giratòria (figura 3.49.). Està situat a l'eix, en contacte amb rodaments.

El gruix de la peça està dissenyat en funció del gruix mínim que es necessita per a una correcta fixació de les pistes dels rodaments [15].

La tolerància amb la que generarà un ajust, és la de l'eix de la junta giratòria, per tant el diàmetre interior del casquet s'ha dimensionat amb una tolerància de  $\varnothing 30H7 \left( \begin{smallmatrix} 0 \\ -0,009 \end{smallmatrix} \right)$ . El càlcul de l'ajust s'ha realitzat a l'apartat 3.3.3.3.

Per a la seva fabricació s'utilitzarà acer F-125, ja que és un material que per les seves propietats (annex IV), ens servirà per les funcionalitats que es necessiten.

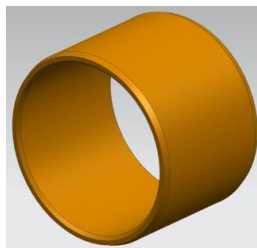


Figura 3. 49. Vista del modelatge del casquet

#### 3.3.4.5. Elements de fixació.

Per collar l'eix i que empaqueti els casquets amb els rodaments correctament per assegurar un bon funcionament s'ha acoblat conjuntament una volandera DIN1440\_30 i una femella DIN985\_M30x3,5 a cada final d'eix (figura 3.50).



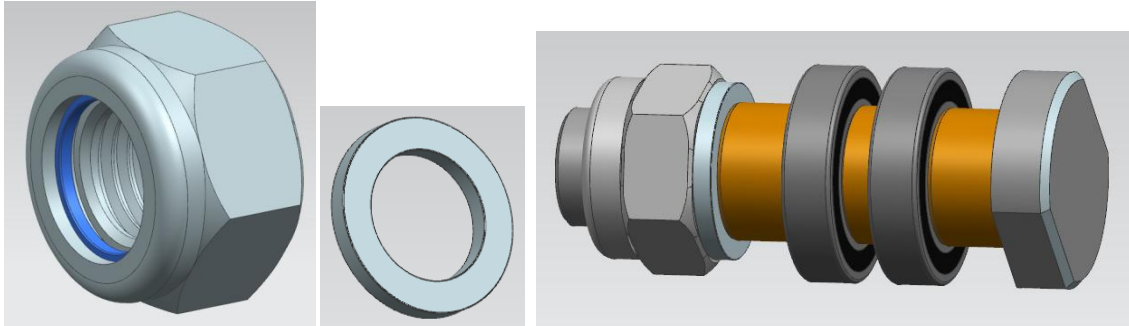


Figura 3. 50. D'esquerra a dreta, vistes de femella DIN985, volandera DIN1440 i conjunt d'elements en contacte.

La femella incorporada està fabricada amb un anell de retenció que absorbeix les vibracions i impedeix el retrocés d'aquesta. Per tant evitarà es separi el conjunt i assegurarà una força constant d'empaquetament dels components.

#### **3.3.4.6. Complements.**

Tal i com s'explica a l'apartat 3.1. un dels requisits del client és que hi figurin endolls de 220V i calaixos per guardar el material relacionat amb la soldadura.

Als laterals del suport-braços, s'han dissenyat unes cavitats on aniran situats els calaixos que s'han dissenyat, i on s'ubicaran els endolls tal i com mostra la *figura 3.51*.

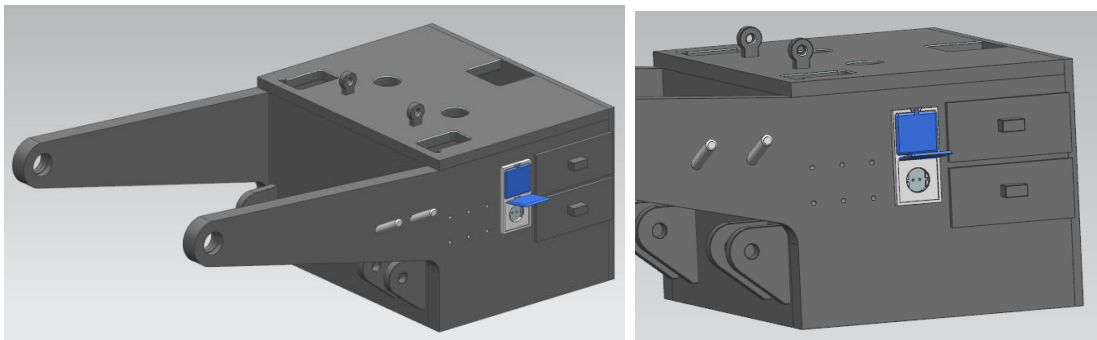


Figura 3. 51. Vistes del acoblament dels calaixos i els endolls amb els braços.

Els calaixos estan fabricats a partir de xapes de gruix 4mm d'acer *F-111*. Aquestes es soldaran entre si formant l'estructura del calaix (*annex II*).

#### **3.3.5. PISTONS HIDRÀULICS D'INCORPORACIÓ.**

Per realitzar la incorporació del plat, per tant, la de la taula, s'ha decidit fer-ho amb dos pistons fixats, per la part superior, a les orelles de la taula i, per la part inferior o de la camisa, al suport-braços.

Amb la taula i els suport-braços acoblats, es mesura la distància mínima, amb la taula en posició horitzontal, i la màxima, en posició vertical, per veure quin haurà de ser el recorregut del pistó.

##### **3.3.5.1. Pistó hidràulic model "703-3".**

El component escollit és un pistó de doble efecte, per tal de poder empentar i tirar de la taula segons la càrrega i la inclinació que es tingui. Dins dels de doble efecte s'ha escollit, en funció de la carrera i la força d'empenta, el pistó 703-3 [21].

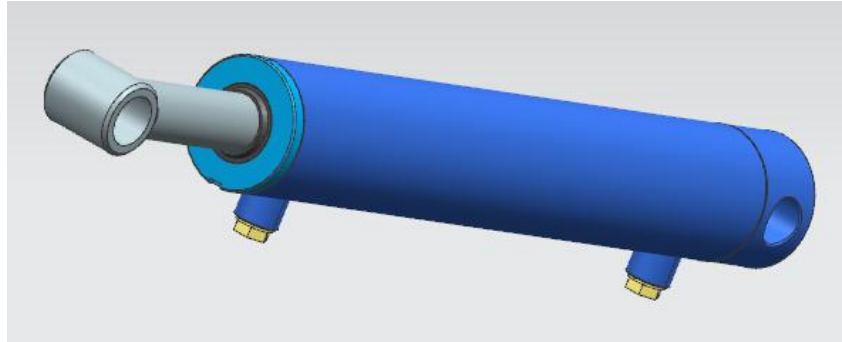


Figura 3. 52. Vista del pistó de doble efecte 703-3 [21].

La màquina es dissenya amb dos pistons per seguretat en cas de fallada. En el cas que falli un, que l'altre pugui retenir el moviment. Aquests elements, hauran d'empentar els 1800kg de conjunt taula, peça i plat.

#### 3.3.5.3. Eixos i passadors.

Per les unions dels pistó a la màquina s'ha dissenyat dos eixos. Ja que les dimensions dels forats estan normalitzades, el diàmetre d'aquests està condicionat a aquestes dimensions.

En l'enllaç amb la taula, l'eix es troba en contacte amb dos casquets a les orelles d'aquesta que ens evitaran el desgast i ens permetran el lliscament al voltant de l'eix (figura 3.53.).

En canvi, a l'enllaç amb el suport-braços, no en té, ja que es considera que el moviment al voltant de l'eix és molt reduït. Per això no farà falta cap casquet, però si que li farem un tractament de cementat a l'eix per endurir la superfície i evitar el desgast. Els eixos es fabricaran a partir de rodó d'acer F-125 (annex IV).

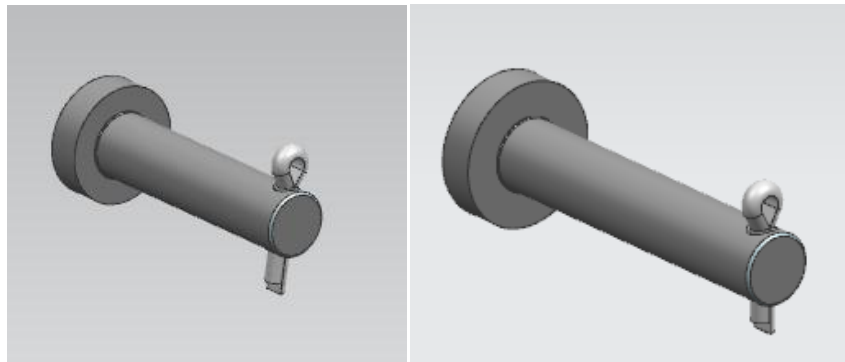


Figura 3. 53. a l'esquerra l'eix d'enllaç amb la taula, a la dreta, el d'enllaç amb el suport-braços.

Es realitza un estudi més detallat de les tensions, ja que es consideren dos elements crítics de la màquina. En l'estudi de la posició de treball horitzontal les tensions màximes a la que estan sotmesos els eixos d'enllaç amb la taula i amb el braç-suport són 249MPa i 45,4MPa respectivament. I en la posició vertical 623MPa i 79,5MPa. En cap dels estudis es supera la tensió màxima del material.

A l'extrem dels eixos, s'introdueix un passador *DIN94\_8* de 32mm de longitud per evitar que aquest es pugui desmuntar i pugui lliscar més del compte i desmuntar la unió (figura 3.54.) [18].

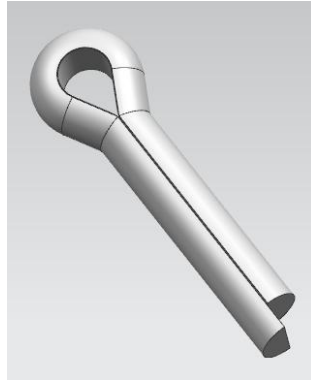


Figura 3. 54. Modelatge del passador DIN 94\_8x32 [18].

Els eixos s'han dissenyat amb una tolerància dimensional de  $\varnothing 25f7 \begin{pmatrix} -0,020 \\ -0,041 \end{pmatrix}$ . L'enllaç superior està dimensionat amb una tolerància de  $\varnothing 25H7 \begin{pmatrix} 0,021 \\ 0 \end{pmatrix}$ , per tant l'ajust té un joc màxim de 0,062mm. i un mínim de 0,020mm.

A l'enllaç inferior, la tolerància amb la que s'ha dissenyat els forats de les orelles és de  $\varnothing 25E9 \begin{pmatrix} 0,092 \\ 0,040 \end{pmatrix}$ , l'ajust creat entre aquests dos components té un joc màxim de 0,133mm., i un mínim de 0,060mm. Aquest joc es corregeix tenint en compte que ha d'haver moviment.

### 3.3.6. ESTRUCTURA DE BANCADA.

Aquest conjunt d'elements seran els encarregats de mantenir la màquina en contacte amb el terra. Serà la part de l'estructura que estarà fixada segons normativa de seguretat.

Els components que formen aquesta estructura són:

#### 3.3.6.1. Bancada.

L'estructura principal d'aquest conjunt d'elements, ha estat dissenyada per equilibrar la màquina, per suportar les càrregues de la resta de components i per introduir el sistema d'elevació de la màquina.

El conjunt està fabricat d'acer S355JR. A la part inferior, es troben els peus: un conjunt de xapes soldades entre si que conformen la base de la màquina. Pel suport de la guia, s'ha utilitzat 3 barres quadrades massisses, que posteriorment s'han soldat als peus. Per últim, a la part superior es troba una estructura massissa on s'ubiquen les politges, i que va collada a l'estructura del suport de les guies a partir de 6 cargols DIN912\_M10x1,5 (figura 3.55.).

Aquesta part de la màquina està dissenyada amb tres columnes ja que el que es vol aconseguir és bloquejar el moment que pugui generar la càrrega en qualsevol direcció. D'aquesta manera també es reforça l'estructura.

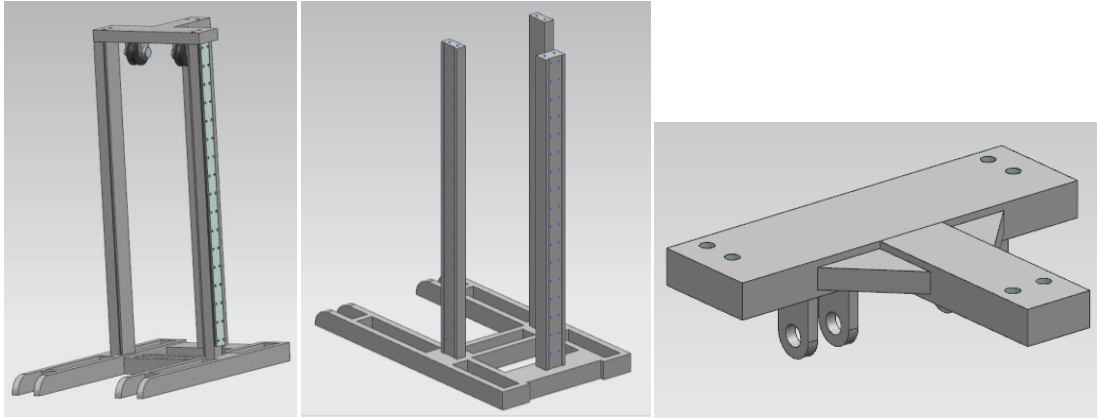


Figura 3. 55. D'esquerra a dreta modelatge de: conjunt bancada amb politges, peus i suport politges.

Aquest element es considera important envers al disseny final de la màquina. Es per això que es decideix fer un estudi de tensions per observar els esforços al que està sotmès el component (*annex I*). Com que l'element que li transmetrà els esforços és el suport-bancada, es realitza l'estudi conjuntament. S'observa que en el cas de treball vertical, la tensió és elevada per sobre del límit elàstic màxim, aquest resultat ve donat per una errada del software. Aquest detecta una aresta viva en els elements en contacte i dona error. S'elimina el valor i la resta de tensions estan per sota del límit elàstic mínim de valor 355MPa. (*figura 3.56.*). La comprovació de l'errada del software s'explica a l'apartat 3.3.4.3.

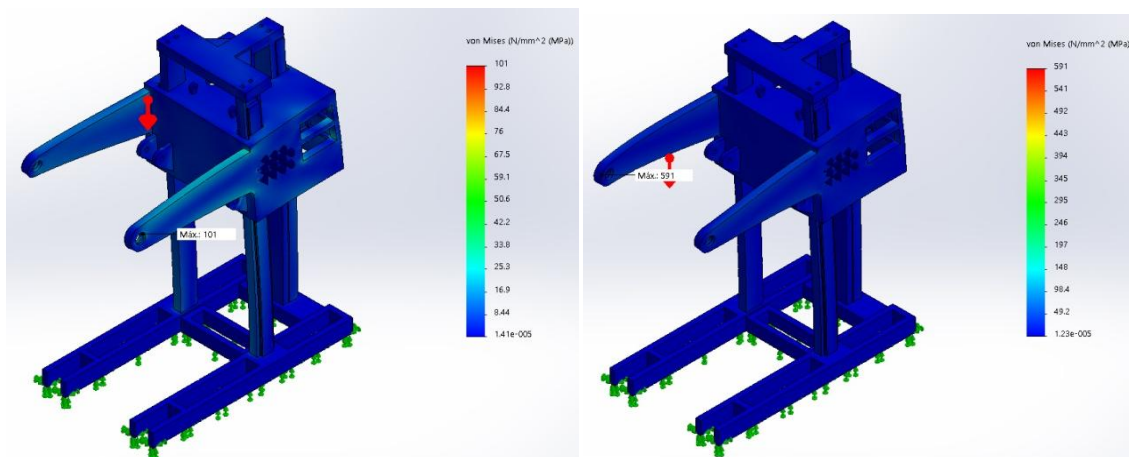


Figura 3. 56. Estudi de tensions del conjunt suport-braços i bancada.

Tot i ser l'element que suporta tots els esforços, aquest es deforma en petites quantitats (*figura 3.57.*). El valor màxim experimentat és a la posició vertical de treball, amb un valor de 1,47mm., aquest valor és petit si tenim en compte que és l'element que resistirà tots els esforços, i que aquesta valors es manifestaran quan la màquina estigui treballant a càrrega màxima (*annex I*).

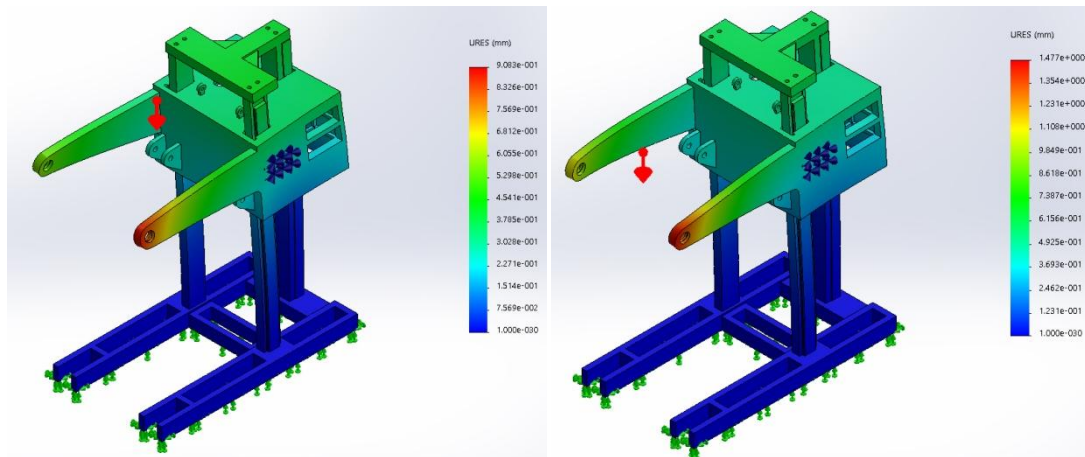


Figura 3. 57. Estudi de deformacions del conjunt suport-braços i bancada.

### 3.3.6.2. Guies model "KUVE25-WL".

Per assegurar que el bloc suport-braços es desplaça linealment sense cap problema quan es sol·licita, s'ha escollit una solució a partir de 3 sistemes guiats *KUVE25-WL*.

El sistema escollit està format a partir d'una guia que es collarà al suport de les guies de la bancada, a través dels cargols allen *DIN912\_M6x1*. Per realitzar el moviment lineal, a través d'aquesta guia llisca un carret com el mostrat a la figura 3.58. Aquest anirà fixat a la part interior de les planxes laterals de l'element suport-braços per tal de que el moviment sigui solidari.

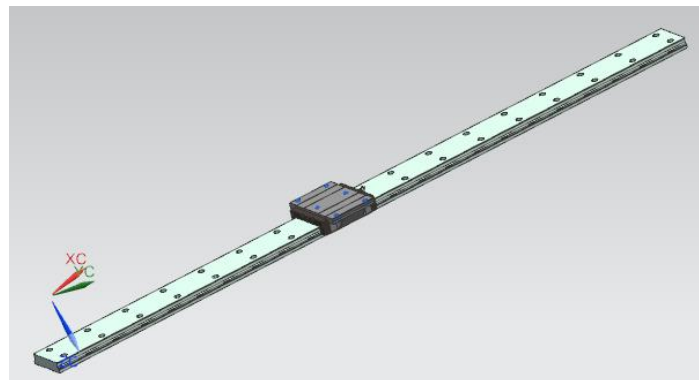


Figura 3. 58. Vista del modelatge del sistema de guies KUVE25-WL.

El funcionament d'aquest conjunt guiat es basa en la recirculació de les boles de dins del carret (figura 3.59.) a mesura que aquest es va desplaçant a través de la guia. Aquest carret té un engreixador que s'encarregarà de mantenir lubricat el contacte de les boles amb la guia.

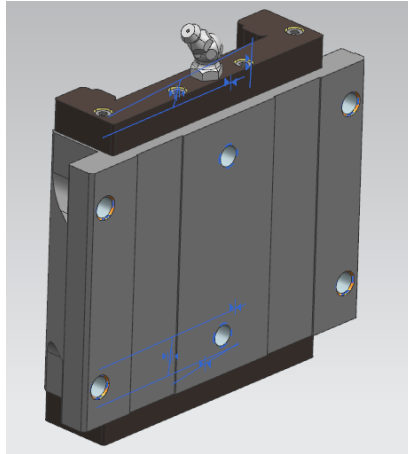


Figura 3. 59. Carret de boles de la guia lineal KUVE25-WL.

Les especificacions tècniques d'aquests elements normalitats s'adjunten a l'annex IV.

#### 3.3.6.3. Politja.

S'ha dissenyat un sistema d'elevació on s'arrossega el cos de la màquina a través de les guies, utilitzant un cable tensor. Aquest cable, passarà per una politja (figura 3.60.), per tal de transmetre la tensió cap a ella, ja que el motor i el cable estaran situats a la part inferior de la màquina.

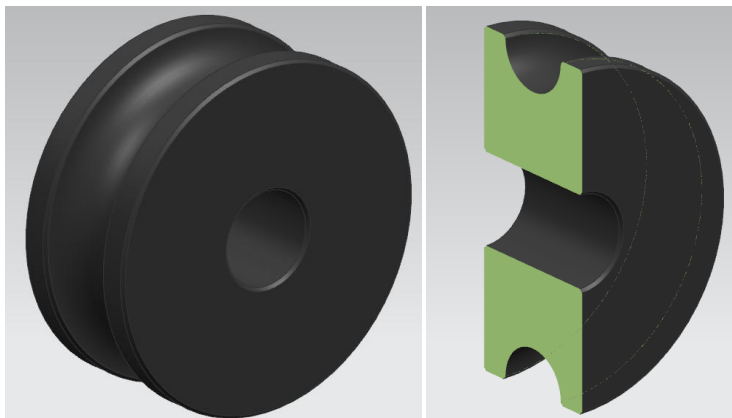


Figura 3. 60. Vistes modelat politges.

Per a la fabricació de la politja s'ha utilitzat acer *F-125*. La dimensió del forat central de l'element és de 30mm amb una tolerància dimensional  $H7\left(\begin{smallmatrix} 0,021 \\ 0 \end{smallmatrix}\right)$ , l'eix que passa a través d'aquest forat, té unes dimensions de 30mm amb tolerància  $f7\left(\begin{smallmatrix} -0,020 \\ -0,041 \end{smallmatrix}\right)$ . L'ajust d'aquest conjunt té un joc màxim de 0,062mm., i el mínim de 0,02mm. Aquest joc és idoni per al tipus de moviment que es vol.

#### 3.3.6.4. Eix politja.

Aquest eix s'encarregarà de suportar tots els esforços transmesos de la politja. És per això que el material escollit per a la seva fabricació serà l'acer *F-125* amb un tractament de cementat, que endurirà la superfície i evitarà el desgast d'aquesta. L'eix estarà situat a les orelles de la part superior de la bancada.

Per tal d'assegurar la correcta fixació de l'eix a la seva posició, per tant, per assegurar la seva funció, s'introdueix un forat on es col·locarà un passador *DIN94 8x36*, que evitarà l'escapament d'aquest (*figura 3.61.*)

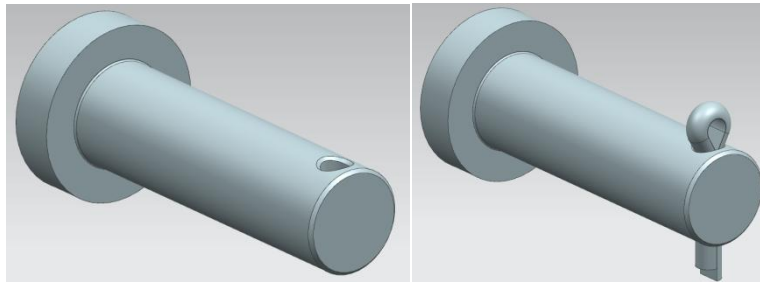


Figura 3. 61. Vista del modelat de l'eix de la politja.

Les dimensió diametral de l'eix és  $\varnothing 30f8 \left( \begin{smallmatrix} 0 \\ -0,009 \end{smallmatrix} \right)$ , el forat de les orelles on va introduït té unes dimensions de  $\varnothing 30H7 \left( \begin{smallmatrix} 0,021 \\ 0 \end{smallmatrix} \right)$ . L'ajust calculat entre aquest dos elements té un joc màxim de 0,094mm., i el mínim de 0mm. L'ajust amb la politja s'ha calculat a l'apartat 3.3.6.3.

### 3.3.7. SISTEMA D'ELEVACIÓ.

La màquina s'ha dissenyat perquè es pugui regular en alçada per així facilitar l'accessibilitat de l'operari a realitzar la operació. Per efectuar aquest moviment s'ha escollit un sistema que utilitza:

- Dos cables d'acer amb les seves brides de fixació: aquests aniran fixats a les orelles del component suport-braços, passaran per les politges i finalment estaran fixats al sistema de recollida del motor.
- Un motor hidràulic: el motor és l'encarregat de la recollida del cable, per tant d'efectuar el moviment de pujada i baixada del sistema. Aquest motor ha de tenir una potència màxima de 23,25kW per tal de poder efectuar el moviment correctament (*annex III*). El motor escollit és el model *VNKT500* de la empresa *Binsa* [22].
- Una bomba de distribució: la bomba serà l'encarregada de distribuir el fluid a través dels conductes perquè arribi a la pressió adequada als components de moviment del sistema (motor de rotació, pistons i motor d'elevació).
- Un dipòsit d'emmagatzematge: aquest component està format per un filtre que assegurarà que el fluid no contingui partícules nocives, un regulador que regularà el caudal necessari i el recipient d'emmagatzematge on resideix el fluid abans de ser filtrat.

Aquest conjunt d'elements està situat a la part inferior de la màquina, i els cables enllacen el sistema de recollida del motor amb l'element suport-braços passant per les politges per generar el moviment de pujada o baixada.

A conseqüència de que l'objectiu del projecte final es basa amb el disseny mecànic de la màquina, aquest grup hidràulic d'elevació s'ha representat de manera simplificada i constructiva. No s'ha entrat a indagar profundament en els components que requeriria



aquest sistema perquè del dimensionament dels elements, com el dipòsit o la bomba, es considera d'un altre cas d'estudi hidràulic més detallat. Tot i així, s'han fet els càlculs pertinents de la part de mecànica, per saber els requisits que s'exigeixen al grup del sistema d'elevació (*annex III*) **[37]**.

## **4. MANUAL D'ÚS.**

A continuació, s'han definit els punts que hauríem d'anar al manual d'instruccions de la maquinària :

### **4.1. FUNCIONALITATS.**

El control de la màquina el té l'operari a través d'un comandament, on cada funció està representada en un botó. Les funcions d'aquesta màquina són:

- Posicionament per memòria: quan l'operari defineix una posició de treball, pot emmagatzemar-la en una memòria de fins a 6 operacions. D'aquesta manera si l'operari ha de repetir una seqüència de posicions, podrà estalviar-se l'ajust de cada una d'elles.
- Control de velocitat i recorregut: tant la velocitat de rotació com la d'elevació es podran regular en el rang definit en l'apartat 3.1. cadascuna , a través d'un potenciòmetre. L'operari podrà regular la màquina en funció de les seves necessitats. També podrà regular el desplaçament del plat segons un rang definit per l'operari.
- Rotació bidireccional: el moviment rotatori del plat es podrà fer en sentit horari, o contra horari segons necessitats de l'operari. La rotació d'aquest és completa, 360°.
- Incorporació del plat: segons les necessitats de l'operari es podrà ajustar la inclinació del plat gràcies a un control de posició angular. El rang de d'acció és de 0° a 90°.
- Botó de parada d'emergència: en cas d'haver de parar per urgència el moviment de la màquina, aquesta porta incorporat un botó de parada que atura totalment la màquina.
- Equip opcional: existeix la opció de que el control de les funcions de la màquina es realitzi a través d'un comandament sense cables, comunicat mitjançant radiofreqüència.
- Pedal d'accionament: un cop ajustada la velocitat de rotació, l'operari disposa d'un pedal per iniciar i aturar el moviment per així facilitar l'operació i alliberar les mans per treballar.

## 4.2. GUIA D'ÚS DE LA MAQUINÀRIA.

La màquina ha estat dissenyada considerants uns requisits i uns límits establerts, és per aquest motiu que s'ha de donar a conèixer a l'operari quins són els límits de funcionament de la màquina, per tal de que es faci un bon ús d'aquesta, a través d'una guia o un manual d'ús. Dins d'aquest document informatiu, s'afegirà:

- Màxima càrrega i dimensionament: la màquina ha estat dissenyada per a suportar càrregues de 14kN amb una excentricitat màxima de 200mm respecte a l'eix central del plat de treball. La distància màxima del centre de masses de la peça màxima permesa, a la superfície del plat de treball és de 335mm.
- Càrregues màximes respecte l'eix: considerant el sistema de referència de la figura 4.1., el moment que suporta cada eix al plat de treball és de:

$$My_{màx.} = Mx_{màx.} = 2.9403,00 \text{ Nmm}$$

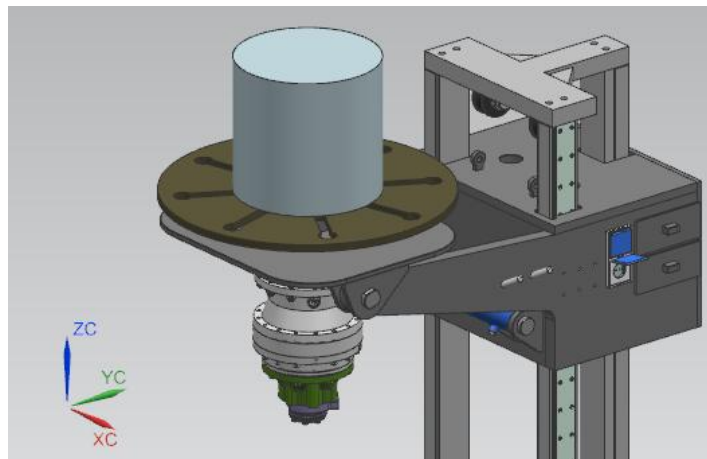


Figura 4. 1. Sistema de coordenades de la màquina.

- Centratge de la peça de treball. Sempre i quan la forma geomètrica de les peces a treballar ho permeti, aquestes han d'anar centrades respecte a l'element plat de treball. D'aquesta manera s'aconsegueix repartir els esforços a parts iguals a la resta de l'estructura de la màquina, i assegurar un funcionament òptim.
- Excentricitat: si la forma geomètrica de la peça no permet que el centre de masses quedi concèntric amb el centre del plat de treball, la màquina permet una excentricitat de 200mm amb la massa màxima permesa (1500kg).
- Accionaments: si la màquina està en moviment, mantenir una distància de prudència. Si durant el moviment el plat de treball conté alguna peça, observar el rang d'acció d'aquesta per tal d'evitar col·lisions. Els moviments de la màquina queden a disposició de l'operari.

### 4.3. SEGURETAT DE LA MÀQUINA.

Tenint en compte que el projecte final de grau es centra en el disseny mecànic de la màquina, s'han tingut en compte els factors de seguretat referent a aquest estudi i al funcionament general.

Atenent a les condicions necessàries per a que es produeixi un accident, s'ha distingit entre dos mesures de seguretat:

- Mesures de prevenció: es tracte de mesures intrínseques de la màquina, que pel disseny no exposen als treballadors als perills. De no poder eliminar aquests perills, s'ha d'intentar anul·lar-los o, si no es pot, reduir el risc mitjançant elements de protecció.
- Mesures de protecció: fa referència a mesures de protecció no integrades a la màquina, amb la finalitat d'obtenir una protecció suficient. Aquestes mesures es poden practicar mitjançant:
  - a) Formació específica dels operaris en el l'àmbit de treball.
  - b) Manteniment tant de les mesures de prevenció com de la màquina.
  - c) Normativa interna de l'empresa referent als riscos laborals.
  - d) Adaptació de la màquina a l'operari per un correcte ús.

A la *taula 4.1.* s'identifica els riscos principals referents al disseny realitzat fins ara, es proposa una mesura de seguretat i es diferencia el tipus, segons si es de protecció o de prevenció.

Taula 4. 1. Principals riscos i mesures de seguretat de la màquina.

RISC	MESURA DE SEGURETAT	TIPUS DE MESURA
Es produeix una situació d'emergència amb la màquina en moviment.	S'instal·len accionaments d'emergència (botó de parada d'emergència i sistema de rearmament).	Prevenció.
Risc per proximitat de l'operari quan la màquina està en moviment.	Es marca una zona de perill al terra, on s'ha d'evitar estar quan la màquina estigui en moviment.	Protecció
L'operari experimenta una situació on cau una peça des d'una alçada.	Els operaris han d'anar ben equipats amb el calçat corresponent, i s'ha de realitzar una formació perquè tothom sigui coneixedor del funcionament i l'ús de la màquina.	Protecció.
Un dels cables tensors de la màquina trenca i genera una fuetada.	Per tal de no exposar a l'operari a aquest risc, s'instal·len unes proteccions plegables entre el cable i la zona de l'operari que s'adaptaran al moviment de la màquina.	Prevenció.
Després d'estar una llarga durada realitzant el procés de fabricació, l'operari es recolza al plat i es crema.	Primerament s'ha de vestir a l'operari adequadament per a la realització de l'acció. En segon terme, es podria instal·lar un adhesiu tèrmic per advertir a l'operari que l'element ha assolit una temperatura superior al rang definit.	Protecció i prevenció.

La funció d'elevació s'ha avariat, i l'operari aixeca la peça de treball fins al plat a pols.	Establir una freqüència de manteniment de la màquina per tal de prevenir els màxims errors en aquesta.	Protecció.
Hi ha una errada en el sistema elèctric i l'operari es veu exposat al contacte elèctric.	S'ha d'instal·lar una sèrie d'elements magneto tèrmics o de protecció elèctrica per evitar aquests casos.	Prevenció.
L'operari que realitza la operació està realitzant un moviment des de una distància de prudència, però una segona persona intercepta en la trajectòria i hi ha una col·lisió.	Durant el moviment es poden instal·lar senyals lluminoses o acústiques per alertar a tothom que s'apropi.	Protecció.

## 5. ESTUDI ECONÒMIC.

Un cop finalitzat l'estudi mecànic i el disseny de la màquina, s'ha disposat a fer el pressupost d'un prototipus per veure el cost total de la fabricació [23, 24, 25, 26, 27, 28, 29].

Per a la realització del pressupost de les peces a fabricar, s'ha comptat amb la verificació de l'empresa *Mecanizados ESCAMEZ, S.L.U.*. A continuació es mostra un resum del cost total de la màquina (*taula 5.1.*). El desenvolupament del càlcul està adjuntat a l'*annex III*.

El cost total de les peces que s'han hagut de fabricar, el muntatge i la capa de pintura per protegir les peces d'un ambient corrosiu és de 6.188,64€.

El cost total de les peces normalitzades és de 5.463,80 €.

Tenint en compte les peces normalitzades, les que s'han de fabricar, el muntatge i la pintura, el cost total d'un únic prototipus és de 11.652,44 €.

S'ha de tenir en compte, que aquest preu total de la màquina es veuria reduït en el moment que es volgués fer la fabricació de més d'una unitat, ja que els elements normalitzats són més econòmics quan s'obtenen en grans lots ja dissenyats. Per exemple, una volandera DIN1440 té un preu de 0,29€, si es compra una capsa de 100unitats, aquesta te un cost més reduït, per tant el cost unitat disminuiria [24].

Com a conseqüència de que la realització del projecte de final de grau és el disseny mecànic d'una posicionadora de soldadura, en aquest pressupost es té en compte la part mecànica i, indirectament, alguns components hidràulics bàsics pel funcionament.

Taula 5. 1. Taula resum del pressupost desglossat de la part mecànica.

Nº REF.	NOM	QUANT. (uts.)	FABRICACIÓ		ELEMENTS NORMALITZATS		COST TOTAL:
			PREU FABRICACIÓ (€/ut.):	PREU TOTAL FABRICACIÓ (€):	PREU ELEMENT (€/ut.):	PREU TOTAL ELEMENTS (€):	
-	Pintura (muntatge)	1	450,00	450,00	--	--	450,00 €
000000	Conjunt posicionadora (muntatge)	1	270,00	270,00	--	--	270,00 €
000100	Subconjunt plat (muntatge)	1	7,00	7,00	--	--	7,00 €
000200	Subconjunt taula (muntatge)	1	9,60	9,60	--	--	9,60 €
000300	Subconjunt braços (muntatge)	1	9,00	9,00	--	--	9,00 €
000400	Subconjunt bancada (muntatge)	1	135,00	135,00	--	--	135,00 €
000500	Subconjunt pistó (muntatge)	2	9,00	18,00	--	--	18,00 €
000600	Subconjunt motor-reductor (muntatge)	1	36,00	36,00	--	--	36,00 €
010000	Plat de treball rotatori	1	370,49	370,49	--	--	370,49 €
010100	Volandera MB16	1	--	--	1,77	1,77	1,77 €
010200	Femella KB16	1	--	--	16,80	16,80	16,80 €
020000	Taula Suport	1	354,23	354,23	--	--	354,23 €
020101	Casquet orelles PAP2515	4	13,70	54,80	--	--	54,80 €
020102	Casquet orelles PAP3020	4	13,86	55,44	--	--	55,44 €
000201	Subconjunt brida (muntatge)	1	13,50	13,50	--	--	13,50 €
020200	Brida de fixació	1	196,44	196,44	--	--	196,44 €
020201	Rodament de boles de contacte angular FAG.3216.B.TVH	1	--	--	90,30	90,30	90,30 €
020202	Anella de seguretat Seeger DIN_472	2	--	--	3,86	7,73	7,73 €
020203	Tapa superior brida	1	42,42	42,42	--	--	42,42 €



Nº REF.	NOM	QUANT. (uts.)	PREU FABRICACIÓ (€/ut.):	PREU TOTAL FABRICACIÓ (€):	PREU ELEMENT (€/ut.):	PREU TOTAL ELEMENTS (€):	COST TOTAL:
020204	Tapa inferior brida	1	42,42	42,42	--	--	<b>42,42 €</b>
020205	Rodament de rodets cilíndrics FAG.20216.T	1	--	--	130,12	130,12	<b>130,12 €</b>
020206	Casquet fixació pistes rodaments	1	22,88	22,88	--	--	<b>22,88 €</b>
020207	Femella DIN985_M20x3.5	4	--	--	0,67	2,68	<b>2,68 €</b>
020208	Volandera DIN1440_20x4	8	--	--	0,29	2,32	<b>2,32 €</b>
020209	Cargol DIN931-M20x1,5_L60	4	--	--	0,04	0,16	<b>0,16 €</b>
030000	Suport-braços	1	1363,14	1363,14	--	--	<b>1.363,14 €</b>
030100	Eix junta giratòria	2	67,88	135,76	--	--	<b>135,76 €</b>
030102	Casquet fixació rodaments braços	2	22,72	45,44	--	--	<b>45,44 €</b>
030103	Femella DIN985_M30x3,5	2	--	--	2,14	4,28	<b>4,28 €</b>
030104	Volandera eix DIN1440_30x4	2	--	--	0,29	0,58	<b>0,58 €</b>
030200	Rodament suport-braços FAG6006.2.RS	4	--	--	15,55	62,21	<b>62,21 €</b>
030500	Calaix lateral	4	64,06	256,24	--	--	<b>256,24 €</b>
030600	Endolls 220V	4	--	--	5,36	21,44	<b>21,44 €</b>
040001/ 040002	Peus bancada i suport guies	1	1298,42	1298,42	--	--	<b>1.298,42 €</b>
040003	Suport politges	1	306,93	306,93	--	--	<b>306,93 €</b>
040100	Politja	2	63,38	126,76	--	--	<b>126,76 €</b>
040101	Eix politja	2	57,31	114,62	--	--	<b>114,62 €</b>
040103	Passador DIN94_8x36	2	--	--	0,71	1,42	<b>1,42 €</b>
040201	Sistema de guiat KUVE25-WL	3	--	--	256,80	770,40	<b>770,40 €</b>
040205	Cargol DIN912-M6x1_L16	102	--	--	0,06	6,12	<b>6,12 €</b>

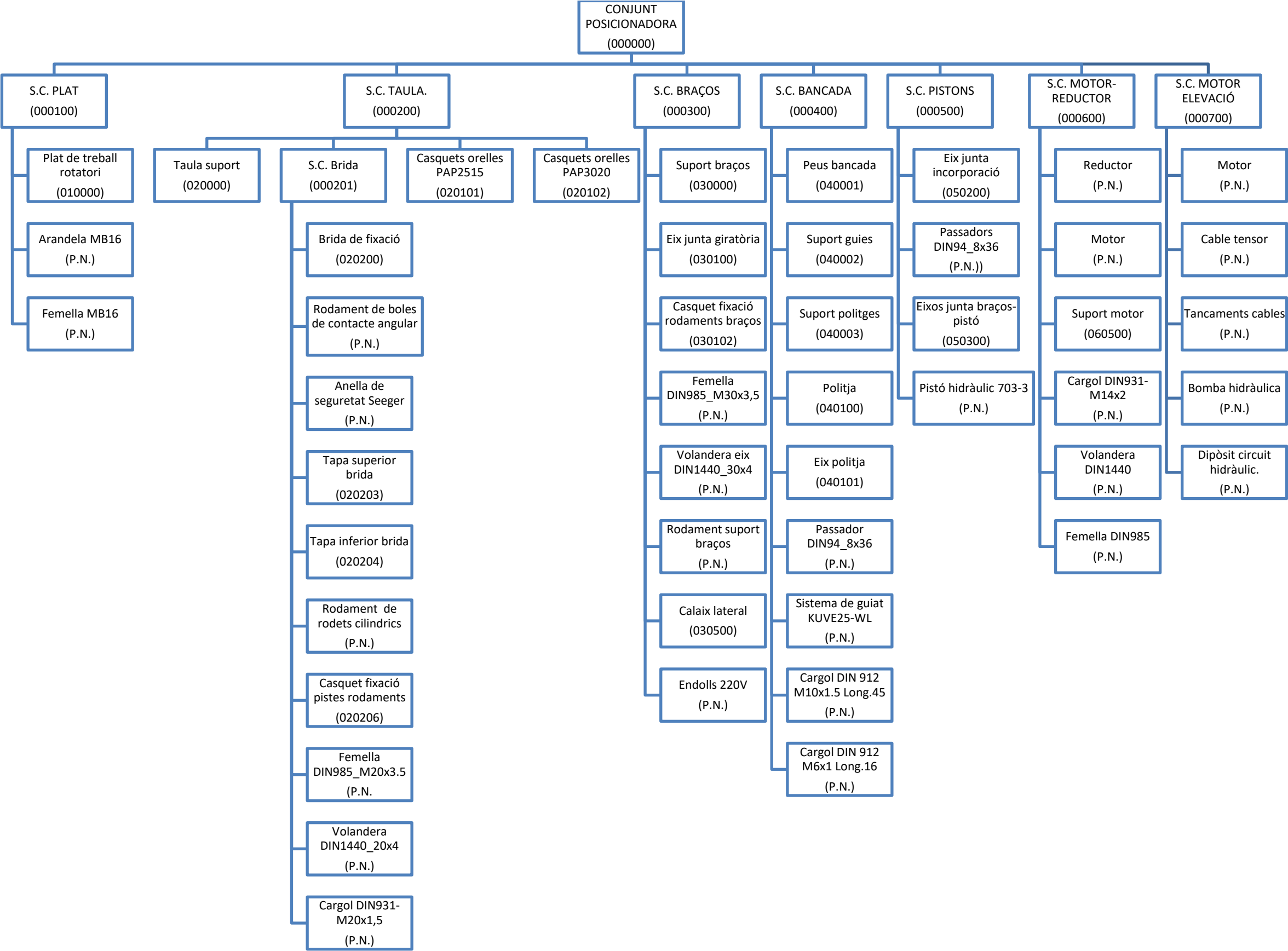
Nº REF.	NOM	QUANT. (uts.)	PREU FABRICACIÓ (€/ut.):	PREU TOTAL FABRICACIÓ (€):	PREU ELEMENT (€/ut.):	PREU TOTAL ELEMENTS (€):	COST TOTAL:
040300	Cargol DIN912-M10x1,5_L45	6	--	--	0,25	1,50	1,50 €
040400	Motor hidràulic d'elevació VNKT500	1	--	--	884,32	884,32	884,32 €
050200	Eix junta incorporació	2	41,06	82,12	--	--	82,12 €
050201	Passador DIN94_8x36	2	--	--	0,71	1,42	1,42 €
050300	Eix junta pistó-braços	2	42,52	85,04	--	--	85,04 €
050301	Passador DIN94_8x36	2	--	--	0,71	1,42	1,42 €
050400	Pistó hidràulic 703-3	2	--	--	82,17	164,34	164,34 €
060100	Reductor_"306 L2 38.4 HC T4AA O"	1	--	--	2328,80	2328,80	2.328,80 €
060200	Motor_"MG_050_SD_H_11159036_P010"	1	--	--	443,20	443,20	443,20 €
060500	Suport motor	1	286,95	286,95	--	--	286,95 €
060600	Cargol DIN931-M14x2	12	--	--	0,63	7,56	7,56 €
060700	Volandera DIN1440_14x3	12	--	--	0,04	0,48	0,48 €
060800	Femella DIN985_M14x2	12	--	--	0,27	3,24	3,24 €
070100	Motor elevació- VNKT500	1	--	--	123,77	123,77	123,77 €
070200	Bomba hidràulica	1	--	--	102,58	102,58	102,58 €
070300	Dipòsit hidràulic.	1	--	--	218,64	218,64	218,64 €
070400	Cable tensor.	2	--	--	32,10	64,20	64,20 €
				TOTAL FABRICACIÓ:			COST TOTAL MÀQUINA:
				6.188,64 €			11.652,44 €
					TOTAL COMPRA:	5.463,80 €	

## **6. PLÀNOLS CONSTRUCTIUS DE LA MÀQUINA.**

Els plànols constructius dels conjunts, subconjunts i de les peces de la màquina es troben a l'*annex II*. **[30,31]**

A continuació es mostra un gràfic on es reflexa l'estructura o distribució de les peces i els conjunts. En aquest gràfic es fa referència al nom de les peces i el número de plànol segons si és una peça a fabricar, o és una peça normalitzada, mostrada com P.N. (*taula 6.1*).

Taula 6. 1. Esquema de la distribució de les peces en relació amb el seu número de plànot.



Víctor Castillo Fernández

## 7. MEDI AMBIENT I RECICLATGE DEL PRODUCTE.

Durant la realització d'aquest projecte, s'ha pogut veure els diferents tipus de materials i components que s'han utilitzat per a la fabricació de la màquina, així com que el sistema de moviment que s'ha escollit és hidràulic.

Aquest punt té per objecte definir el correcte tractament mediambiental, atesa la seva naturalesa, que s'ha de donar a les diferents parts que componen la posicionadora per soldadura quan finalitzi la seva vida útil.

A la *taula 7.1.* es relaciona la principal normativa ambiental aplicable a la màquina, per a la seva classificació com a residu al final de la seva vida útil i per a definir el tractament que com residu li correspon **[32, 33]**:

Taula 7. 1. Normativa ambiental aplicable al projecte.

NORMATIVA	ÀMBIT
DIRECTIVA 2014/68/UE DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO de 15 de mayo de 2014 relativa a la armonización de las legislaciones de los Estados miembros sobre la comercialización de equipos a presión.	U. Europea
Directiva 2008/98/CE del Parlamento Europeo y del Consejo , de 19 de noviembre de 2008 sobre los residuos y por la que se derogan determinadas Directivas.	U. Europea
Directiva 2008/35/CE del Parlamento Europeo y del Consejo , de 11 de marzo de 2008, que modifica la Directiva 2002/95/CE sobre restricciones a la utilización de determinadas sustancias peligrosas en aparatos eléctricos y electrónicos, en referencia a las competencias de ejecución atribuidas a la Comisión.	U. Europea
Directiva 1999/31/CE del Consejo, de 26 de abril de 1999, relativa al vertido de los residuos.	U. Europea
RD 509/2007, de 20 de abril, por el que se aprueba el Reglamento para el desarrollo y ejecución de la Ley 16/2002, de 1 de julio, de Prevención y Control Integrado de la Contaminación.	U. Europea
Directiva 91/689/CEE del Consejo de 12 de diciembre de 1991, relativa a los residuos peligrosos.	U. Europea
Real Decreto 679/2006, de 2 de junio, por el que se regula la gestión de los aceites usados industriales	U. Europea
Ley 22/2011, de 28 de julio, de residuos y suelos contaminados.	U. Europea

Víctor Castillo Fernández

Real Decreto 228/2006, de 24 de febrero, por el que se modifica el RD 1378/1999, de 27 de agosto, por el que se establecen las medidas para la eliminación y gestión de los PCB's y PCT's y aparatos que los contengan.	Estatal
Real Decreto-ley 17/2012, de 4 de mayo, de medidas urgentes en materia de medio ambiente.	Estatal
Orden Ministerial de 28 de febrero de 1989, por la que se regula la gestión de aceites usados.	Estatal

La relació dels materials principals que formen part de la màquina i la seva classificació per tipus de residu es menciona a continuació:

- Acer S355JR.....Residu Industrial (RI)
- Acer F-125.....Residu Industrial (RI)
- Acer F-111.....Residu Industrial (RI)
- Niló poliamida. ....Residu Industrial (RI)
- Bronze.....Residu Industrial (RI)
- Components hidràulics.....Residu Industrial (RI)
- Cargols de ferro i acer inoxidable .....Residu Industrial (RI)
- Components elèctrics.....Residu Industrial (RI)
- Lubricants i olis.....Residu Perillós (RP)
- Pintura.....Residu Industrial (RI)
- Components electrònics.....Residu Industrial (RI)

Després d'aquesta composició de materials, la màquina al final de la seva vida útil ha de ser classificada amb a residu perillós, ja que hi ha components que es troben dins de l'annex III de la llei 22/2011 classificat com perillós **[33]**.

Respecte al possible embalatge, principalment estaria compost per cartró, plàstic i fusta, pel que es consideren residus domèstics (RD).

El tractament diferenciat dels dos tipus de residus és:

- Residus domèstics: han de ser dipositats en un punt de recollida o bé entregats a un gestor registrat.
- Residus industrials: s'han de gestionar a través d'un gestor autoritzat, tenint en compte una possible recollida selectiva.

Víctor Castillo Fernández

## **CONCLUSIONS.**

A l'inici de la realització del treball final de grau es va establir com objectiu principal el disseny i el modelatge d'una màquina posicionadora pel procés de soldadura. Al final d'aquest s'ha aconseguit l'assoliment de l'objectiu principal establert. S'ha de dir que el projecte es va començar amb la idea d'aconseguir la fabricació del producte, i a mesura que el disseny d'aquest ha anat avançant, per motius temporals i econòmics, aquesta opció s'ha vist inviable.

Ara bé, tal i com es va comentar, aquest objectiu principal esmentat comporta d'altres.

En el transcurs d'aquest projecte s'ha indagat en conceptes generals del món de la soldadura, assolint així els conceptes bàsics per poder-los aplicar correctament durant la fabricació dels components que s'han anat dissenyant. També s'ha pogut analitzar el mercat actual de la maquinària dirigida a la soldadura, on s'ha observat amb deteniment diferents sistemes que s'utilitzen actualment per ampliar els coneixements obtinguts fins ara.

Un dels objectius que, a més, ha servit com una eina de verificació del projecte, ha sigut el generar contactes amb diverses empreses del sector industrial. Al llarg del projecte s'ha establert diàleg amb professionals del sector del mecanitzat, amb proveïdors, empreses de fabricació i venda de accessoris per a la maquinària, així com la relació directa amb operaris del sector de la soldadura que han aportat el punt de vista i explicacions de la fabricació.

A la fase de disseny del projecte s'ha desenvolupat una actitud de recerca i adaptació que ha permès la selecció final dels components i el disseny d'aquests segons les seves funcionalitats. Aquest aspecte s'ha reflectit en la complementació d'elements a mesura que anava avançant el disseny global de la màquina, fet que ha conduït a un canvi de la visió inicial del producte.

Al procés de disseny s'han seguit una sèrie de verificacions dels elements (estudi de tensions i deformacions, càlculs de cargols, potències dels motors,...), que han fet que s'ampliés els coneixements adquirits fins al moment. A més ha servit per desenvolupar una fluïdesa en el disseny mitjançant softwares de modelatge, on s'han hagut de solucionar problemes en la realització inicial.

Finalment s'ha pogut realitzar un estudi econòmic on s'ha pogut presentar uns pressupostos reals i verificats per gent del sector industrial. Un cop completat l'estudi es pot concloure que un dels treballs futurs que s'hauria de fer, es buscar altres elements que realitzin la mateixa funció per tal d'abaratir els costos totals. Així com, ajustar les dimensions dels components al màxim permès segons disseny perquè la màquina pugui funcionar en condicions òptimes.

Com a conclusió final del projecte es pot dir que, tal i com s'ha comentat inicialment, aquest estudi realitzat no es pot considerar com a definitiu, s'ha de completar tenint en compte altres aspectes com la instal·lació hidràulica i elèctrica, la programació de les funcions, o la instal·lació dels elements de seguretat. Tot i així, els objectius plantejats inicialment s'han complert amb èxit, s'han satisfet mecànicament els requisits del disseny esmentats pel client, i es pot assegurar que la màquina funcionarà correctament segons els criteris mecànics definits.



Víctor Castillo Fernández

## **AGRAÏMENTS.**

Al llarg del treball final de grau s'ha rebut el recolzament desinteressat d'empreses del sector en aspectes de fabricació, econòmics i debatent diferents opinions.

És per aquest motiu, que es vol fer un especial agraïment i dedicació a *Mecanizados ESCAMEZ, S.L.U*, *Tecnotrans Bonfiglioli* i *Activa Industrial*.

Víctor Castillo Fernández

## BIBLIOGRAFIA.

### *Webgrafia i catàlegs:*

- [1] De máquinas y herramientas [en línia] [consulta: 21 maig 2017]. Disponible a: <http://www.demaquinasyherramientas.com/soldadura/mesas-elementos-sujecion-soldadura>
- [2] Direct industry [en línia] [consulta: 24 maig 2017]. Disponible a: <http://www.directindustry.es/prod/hidrogarne/product-37839-1035565.html>
- [3] Miller [en línia][consulta: 25 maig 2017]. Disponible a: <https://www.millerwelds.com/resources/article-library/the-history-of-welding>
- [4] Procesos de soldadura aplicados en la construcción naval [arxiu PDF] [consulta: 25 maig 2017]. Disponible a: <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/13730/PFC-%20Procesos%20de%20soldadura%20aplicados%20en%20la%20construccion%20naval.pdf>
- [5] Mechanical buzz [en línia] [consulta: 30 maig 2017]. Disponible a: <http://mechanicalbuzz.com/what-is-welding-process-and-types-of-welding.html>
- [6] Asociación española de soldadura y tecnología de unión [en línia] [consulta: 30 maig 2017]. Disponible a: <http://cesol.es/wordpress/>
- [7] Depart.D'Enginyeria Mècnica-EPSEVG. Pulvimetal·lúrgia i soldadura [arxiu PDF][consulta: 31 maig 2017].Disponible a: <https://atenea.upc.edu/login/index.php>
- [8] Manual de soldadura y catálogo de productos [arxiu PDF] [consulta: 31maig 2017]. Disponible a: [http://www.marioloureiro.net/ensino/manuaisOutros/soldadura/manual\\_catalogo%20soldadura.pdf](http://www.marioloureiro.net/ensino/manuaisOutros/soldadura/manual_catalogo%20soldadura.pdf)
- [9] Kobelco [en línia] [consulta: 31 maig 2017 ]. Disponible a: [http://www.kobelco-welding.jp/espanol/education-center/abc/ABC\\_2000-01.html](http://www.kobelco-welding.jp/espanol/education-center/abc/ABC_2000-01.html)
- [10] Bison-Bial [en línia ] [consulta: 9 juny 2017]. Disponible a: <http://www.bison-bial.es/>
- [11] Blitz online [en línia ] [consulta: 9 juny 2017]. Disponible a: <http://www.blitz.es/productos/transporte-y-elevacion.html>
- [12] Disset Odiseo [en línia ] [consulta: 13 juny 2017]. Disponible a: <http://www.dissetodiseo.com/productos/transporte-y-elevacion/manipuladores-de-bidones/manipuladores-electricos/>
- [13] Winkel [en línia ] [consulta: 13 juny 2017]. Disponible a: <http://www.winkel-sl.es/sistemas-de-elevacion/>
- [14] Schaeffler [en línia] [consulta: 10 setembre 2017]. Disponible a: <http://medias.schaeffler.de/medias/de!hp/?lang=es>

Víctor Castillo Fernández

[15] FAG rodamientos [en línia] [consulta: 15 setembre 2017]. Disponible a:

<http://www.baleromex.com/catalogos/C-FAG.pdf>

[16] Permaglide [en línia] [consulta: 15 setembre 2017]. Disponible a:

[http://www.rodaunion.es/media/imagenes/Catalogos/Rodamientos%20y%20accesorios/INA/Rotativo/Casquillos\\_Permaglide\\_706\\_es.pdf](http://www.rodaunion.es/media/imagenes/Catalogos/Rodamientos%20y%20accesorios/INA/Rotativo/Casquillos_Permaglide_706_es.pdf)

[17] OTIA [arxiu PDF] [consulta: 18 setembre 2017]. Disponible a:

<http://www.otia.com.ar/otia/CATALOGO%2006-2005.pdf>

[18] WASI [arxiu PDF] [consulta: 1 octubre 2017]. Disponible a:

[https://www.wasi.de/fileadmin/user\\_upload/Downloadbereich/kataloge/Catalogo\\_norma\\_lizado\\_2011.pdf](https://www.wasi.de/fileadmin/user_upload/Downloadbereich/kataloge/Catalogo_norma_lizado_2011.pdf)

[19] TecnotransBonfiglioli [en línia] [consulta: 23 octubre 2017]. Disponible a:

<https://www.tecnotrans.bonfiglioli.com/es-es/industrial/productos/industrial/>

[20] Bonfiglioli [arxiu PDF] [consulta: 23 octubre 2017]. Disponible a:

[http://www.docsbonfiglioli.com/pdf\\_documents/catalogue/BR\\_CAT\\_300M\\_STD\\_SPA\\_R00\\_1.pdf](http://www.docsbonfiglioli.com/pdf_documents/catalogue/BR_CAT_300M_STD_SPA_R00_1.pdf)

[21] Cicrosa cilindros y cormados palentinos [en línia][consulta: 8 novembre 2017].

Disponible a: <http://www.cicrosa.com/index.php/productos/cilindros-hidraulicos/cilindros-hidraulicos-estandar/cilindros-hidraulicos-estandar-doble-efecto-700/>

[22] Binsa [en línia] [consulta: 29 desembre 2017 ]. Disponible a:

<http://www.binsa.es/es/motores-direcciones-hidraulicas.php>

[23] Norelem [en línia] [consulta: 7 gener 2018 ]. Disponible a:

<https://www.norelem.com/us/es/Productos/Vista-general-de-producto.html>

[24] SIJA [en línia] [consulta: 7 gener 2018]. Disponible a:

<https://sija.es/catalogos/tornilleria/SIJA-tarifa-tornilleria-2016.pdf>

[25] Frain recambios [en línia] [consulta: 15 gener 2018]. Disponible a:

<http://frain.es:8090/tarifa.php?marca=FAG>

[26] FerreteriasCampollano [en línia] [consulta: 15 gener 2018 ]. Disponible a:

<https://www.ferreteriacampollano.com/hidraulica/cilindros-hidraulicos/doble-efecto.html>

[27] Brammer. [en línia] [consulta: 18 gener 2018]. Disponible a:

<https://es.brammer.biz/product/19501/name/PAP-2515-P10>

[29] Torras [en línia] [consulta: 18 gener 2018]. Disponible a:

<http://www.suministrostorras.com/productos/tuerca-km-din-981-94569.html>

[30] Depart.d'expressió gràfica a l'enginyeria-EPSEVG. Toleràncies dimensionals

[arxiu PDF][ consulta: 19 gener 2018].Disponible a:

<https://atenea.upc.edu/login/index.php>

Víctor Castillo Fernández

[31] Depart.D'Enginyeria Mècanica-EPSEVG. Tema1.Metrologia i qualitat en els processos de fabricació. [arxiu PDF][ consulta: 19 gener 2018].Disponible a:  
<https://atenea.upc.edu/login/index.php>

[32] COEC. [arxiu pdf] [consulta: 22 gener 2018]. Disponible a:  
<http://www.coec.es/servicios/guiamedioambiente.pdf>

[33] BOE.[arxiu pdf] [consulta: 22 gener]. Disponible a:  
<https://www.boe.es/buscar/pdf/2011/BOE-A-2011-13046-consolidado.pdf>

### ***Llibres:***

[35] Cary, H. *Modern Welding Technology*. 4<sup>a</sup> ed. Prentici Hall,1998

[36] Fenollosa Coral, Josep, Unions cargolades, 1<sup>a</sup> ed. Reimp. abril 2000. Barcelona: Edicions UPC,1995.

[37] Cardona Foix, S. Clos Costa, D. *Teoría de máquinas*. 3<sup>a</sup> ed. Barcelona: Edicions UPC,2011.

## **ANNEXOS**

**Annex I. ESTUDI DE TENSIONS I DEFORMACIONS.**

**Annex II. PLÀNOLS CONSTRUCTIUS.**

**Annex III. CÀLCULS I PRESSUPOSTS.**

**Annex IV. TAULES I CERTIFICATS.**